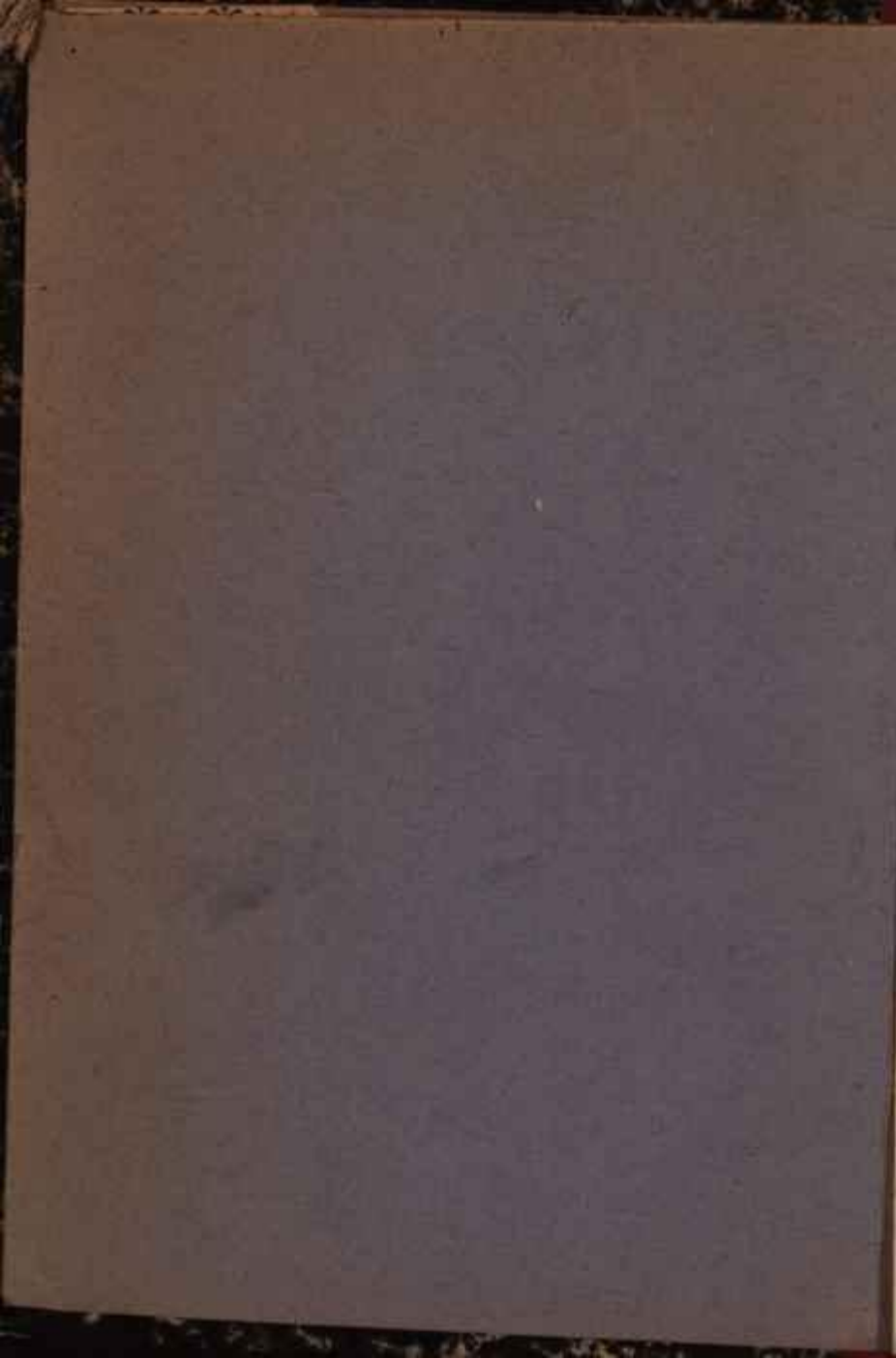




274

CURSO

DE

FÍSICA EXPERIMENTAL

y Nociones de Química.

Don _____ natural de _____
está matriculado á la asignatura
de Elementos de Física y algunas nociones de Química,
con el número _____

EL CATEDRÁTICO,

B-1602

CURSO

DE FISICA ESPERIMENTAL

Y

NOCIONES DE QUIMICA.

por

D. Francisco de P. Montells Nadal,

Doctor en Ciencias, Catedrático con categoria de Quimica de la Universidad Literaria de Granada, Ldo. en Medicina, cuatro veces socio de mérito de la Real Sociedad Económica de amigos del Pais de esta provincia y censor de la misma, antiguo Catedrático de Quimica aplicada dependiente del Real Conservatorio de artes, corresponsal de la Real Academia de medicina y cirugía de Granada, de la de ciencias naturales y artes de Barcelona, de la Económica de Huelva, etc. etc.

OBRA DECLARADA DE TESTO POR EL CONSEJO REAL DE INSTRUCCION PÚBLICA.

Reg.^o 12.030

SEGUNDA EDICION.

GRANADA.

Imprenta de los Señores Astudillo y Garrido.

Año 1854.



CURSO

DE FÍSICA EXPERIMENTAL

NOTAS DE CLASES

por

D. Francisco de P. Mantilla Nadal.

Es propiedad de su AUTOR, quien citará ante la ley al que le reimprima, considerando como furtivo todo ejemplar que no tenga las contraseñas que lo legitiman.

ORIGEN DE LA MATERIA DE FÍSICA

SEGUNDA EDICIÓN.

GRANADA.

Imprenta de los Señores Astabill y García.

Año 1854.

Al Excmo. Señor

D. Alejandro Olivan,

Senador del Reíno, individuo de la Academia de Ciencias, etc. etc.

Homenaje de respeto, reconocimiento y amistad.

F. de B. Montells Nadal.



Al Excmo. Señor

D. Alejandro Ojeda

Donde se le suplica, como de verdad,
que se le conceda la gracia de

que se le conceda la gracia de

que se le conceda la gracia de



ADVERTENCIA

DE LA

PRIMERA EDICION.



Al dar á luz el *Compendio de Física experimental y algunas nociones de Química*, no tengo pretensiones de ninguna especie. La instruccion pública ha recibido de algunos años á esta parte notables mejoras, las universidades no son ya escuelas destinadas esclusivamente á la enseñanza de las ciencias especulativas, si no que provistas de gabinetes y laboratorios se recibe en sus aulas una instruccion sólida al par que útil y provechosa para todas las clases de la sociedad, porque su tendencia es la de desenvolver en beneficio de la riqueza pública todos los ramos del saber humano. Por otra parte, casi todas las provincias tienen un Instituto dotado de su personal, y con los aparatos, máquinas y demás que es

VIII

indispensable para que la educacion sea uniforme y simultánea; de suerte que en España se verifica la regeneracion social de un modo paulatino ; pero bajo el influjo de una sólida y bien entendida instruccion.

Para que la enseñanza secundaria y los estudios de la facultad de filosofia fuesen uniformes en todos los establecimientos, el Gobierno se sirvió señalar en 1.º de Agosto de 1846, los programas que debian servir de norma á los profesores, y si bien alguno admite ligeras modificaciones, atendidos los adelantos de la ciencia respectiva, han prestado sin embargo un señalado servicio, porque con ellos se ha regularizado el método y se ha introducido orden en las esplicaciones.

No obstante, faltan aun obras elementales para completar aquel pensamiento ; obras de testo arregladas á estos programas, pero en armonía con los progresos y adelantos de las ciencias ; libros, en fin, escritos con claridad, capaces de ser bien comprendidos de los jóvenes á quienes se destinan, y donde el *autor* no haciendo alarde de pomposas teorías ni de grande sublimidad, presente la ciencia con el atractivo de la naturaleza, haciendo uso solamente de aquellas teorías y cálculos que pueden ser bien comprendidos de los alumnos.

La obra que presento al público abraza estos extremos: calcada en el programa oficial, se describe la ciencia tal cual se halla en el dia ; destinada á jóvenes estudiantes, su lenguaje es claro, y fácil la esposicion; los cálculos presentados con sencillez, dan á conocer cual se requiere, las elevadas teorías que abraza la Física: aquellos que necesitan profundizar esta parte del estudio de la naturaleza, hallarán en *letra cursiva*, las hipótesis, cálculos y teorías

que la ciencia admite para explicar muchos de sus grandes fenómenos. *Los alumnos del quinto año de filosofía, solo deben estudiar lo que está impreso en letra redonda.*

Para la composicion de este libro, he consultado las obras que gozan entre los profesores de mayor crédito, y y los principales periódicos y diccionarios: las nociones de química estan estractadas de la segunda edicion de mi curso elemental. Si algun profesor creyese que debe invertirse el orden, que he incurrido en alguna omision, ó que ciertas materias deben tratarse con mas latitud, le ruego que reflexione ante todo á qué clase de sujetos se destina este libro, y despues de examinar el programa oficial, se sirva advertírmelo para remediarlo cuando me sea dable.

Madrid 1.º de Agosto de 1848.

PRÓLOGO DE LA SEGUNDA EDICION.

LA mejor garantía que puede presentar un libro, es una favorable acogida y despachar la edicion en pocos meses. El público, y en general todos los profesores, han dispensado á mi *Compendio de fisica y nociones de química*, una señalada proteccion, que sin duda me honra; y he aquí porque un manuscrito que por circunstancias del momento tuve que dar á la prensa, me veo hoy en la imprescindible necesidad de reimprimirlo, adicionando algunos artículos, suprimiendo otros y corrigiendo los mas, con el doble objeto de seguir testualmente el programa de la Superioridad, presentando la ciencia tal cual se halla en el dia. Esta segunda edicion puede considerarse como un *libro nuevo*, por cuya razon he creido oportuno darle el nombre de curso DE FÍSICA EXPERIMENTAL Y NOCIONES DE QUÍMICA.

Grato, si, muy grato ha sido para mi, ver que las innovaciones que he indicado para la parte química, han sido acogidas con benevolencia; y siento á la verdad tener que decir á los compañeros que me animan para que siga el plan de reforma que nos emancipe de la tutela extranjera y contribuya con algunos materiales al edificio científico del siglo XIX, que mis fuerzas no alcanzan á tanto, y que mi humilde opinion sería siempre mirada por algunos con desden, porque *saldria del*

XII

oscuro rincon de una provincia: yo en la posicion que ocupo, no puedo hacer otra cosa que *indicaciones generales*. Feliz si sobre ellas no se fulmina un espantoso anatema!

La primera edicion fué calificada de un modo favorable por el Real Consejo de Instruccion pública, y el Gobierno en vista de aquel dictamen, se sirvió dispensarme el honor de incluirla en la lista de libros de testo: honor que tambien he recibido en los cursos sucesivos.

Esta segunda edicion, lo mismo que la primera, va calca-da sobre el programa oficial, advirtiendo que ahora sirve de norma el que se mandó publicar por Real órden de 20 de se-
tiembre de 1850. Mas, asi como en aquella espuse algunas teorías é hipótesis que servian de aclaracion para los que de-
seaban mayores conocimientos, esta segunda edicion está amol-
dada á la distribucion, órden y estension que señala el espre-
sado programa. Con el objeto de dar á conocer con toda lati-
tud nuestras opiniones acerca de la física, publicaremos á su
tiempo un tratado completo de esta ciencia.

Conozco ahora lo mismo que conocí en la primera edicion, que he debido escribir un libro para testo, que ha de mane-
jar un jóven estudiante; por cuya razon, sujetándome al plan
del Gobierno, espongo las ideas con claridad, método y pre-
cision.

Esta edicion va acompañada de algunos apuntes para escri-
bir la *historia de la física*, que he coordinado á la manera de
discurso preliminar. Este trabajo lo presento únicamente para
complacer á muchos amigos y compañeros, y espero que
cuando llegue á sus manos verán, que si bien mis estudios
privados no me dejan siempre suficiente tiempo para dar de-
talladas esplicaciones acerca de algunos puntos, á mi modo de
ver, de poca importancia científica, no olvido cuantas indica-
ciones se han servido hacerme.

He procurado asimismo dar en esta edicion la *etimología* de casi todos los nombres que sirven para representar los diversos tratados de la ciencia; he puesto gran cuidado para que los alumnos conozcan el origen en que se funda tal ó cual generalidad que se indica con una fórmula, tomando siempre las iniciales de los nombres españoles; he dado al final las tablas de las relaciones que guardan las pesas y medidas decimales con las de Castilla; y últimamente, entre otras cosas, se hallará la descripción verdadera del barómetro *aneróide*, del *endósmosis* y *exósmosis* de Dutrochet, del *estado globular ó esferoidal* de Boutigny, etc. etc.

He tenido necesidad de incluir en aquellas lecciones con las cuales presentan analogía, algunos artículos que al parecer se han olvidado. Citaré para corroborar esta verdad entre otros, el párrafo de la lección II que habla del *espacio* y en la III el que está destinado al *tiempo*; nociones preliminares que ha de abrazar todo tratado de física: tambien he dado á conocer las *fuentes del calor*, y algunas leyes y principios de la mayor importancia, que en mi sentir son de absoluta necesidad para los principiantes.

No presumo de originalidad: sería altamente pedantesco, pretender entre nosotros pasar en física como autor original. El esqueleto lo dió la Superioridad, y los trabajos de los profesores mas distinguidos me han suministrado materiales para este insignificante libro. Ojala haya sabido coordinarlos, para secundar el pensamiento del gobierno.

En las nociones de química soy todavía consecuente con las ideas que hace años emití: en las combinaciones binarias hago terminar el elemento negativo en *ido*, como óxido, sulfido, clorido, etc., la voz ácido es para mi una voz *genérica*; tampoco admito la existencia de los *hidrácidos*, porque el hidrógeno en estos compuestos ejerce siempre funciones positi-

XIV

vas; las sales se describen por sus caracteres puramente químicos, y por lo tanto como compuestos de complicada composición; acepto de buen grado el equivalente químico en vez del átomo, porque aquel es una cantidad que se pesa y se toca, al paso que éste está basado en una hipótesis; en fin, las fórmulas son una exacta traduccion del lenguaje químico hablado al lenguaje químico algebraico, y con ellas se da una verdadera idea de los elementos que constituyen á los compuestos que reaccionan con su rango eléctrico respectivo. Aquí no titubearé en confesar que me he separado en algun modo de lo que está en uso en las escuelas estrangeras: no importa, admito de buen grado la responsabilidad. Toda vez que sirve de base la teoría dualística apoyada en los principios electroquímicos, creo que los símbolos de los cuerpos simples han de sujetarse á la escala electro-química segun se admite en el dia; la que sirvió en 1818 es en la actualidad incompleta é inexacta, y por lo tanto induce á los principiantes á confusion y error.

Hubiera deseado complacer á algunos de mis discípulos que han tomado la molestia de escribir mi biografía, para que sirviera de prefacio. Les doy por ello las gracias mas cordiales. Los sucesos de mi juventud á nadie pueden interesar, pues solo demuestran que tuve que luchar con toda la energia y resolucion de un corazon entusiasmado y de un cerebro escitado por ideas alhagüeñas, con los rigores de la suerte; y prueban al propio tiempo la aficion que desde la infancia tuve al estudio de las ciencias naturales: aficion que aun conservo á pesar de los desengaños que he sufrido en una época donde solo impera la política y los que toman en ella la iniciativa. Por mi parte siempre les he cedido gustoso el sitio, porque hace quince años que tengo la íntima conviccion, que en vano serán cuantas mejoras se proyecten en los

diferentes ramos de la administracion, si antes no se procura ilustrar al pueblo, y no se le proporcionan medios para subvenir á sus imprescindibles necesidades: es indispensable que la educacion cunda hasta las clases menesterosas, y que tienda á crear capitales productivos.

Concluyo rogando de nuevo á todos los profesores públicos y privados, y á todas las personas instruidas, que agradeceré las observaciones que se sirvan hacerme, enviándomelas directamente, porque de otro modo quizá no llegarían á mis manos: arrinconado en una provincia, vivo oscurecido y fuera de los círculos de accion; de suerte que sus juicios, para mi de grande importancia, pasarían probablemente desapercibidos.

Granada 1.º de Marzo de 1852.

*Dr. Francisco de P. Montells
Nadal.*

diversos ramos de la administración; si antes no se pudiesen
 distribuir al pueblo, y no se la proporcionasen medios para sub-
 venir á sus imprescindibles necesidades: es indispensable que
 la educación comience desde las clases manuales, y que las
 de á otros capitales productivos.

Concluyo rogando al Sr. D. Juan de los Rios, que dignándose
 y acordando, y á todas las personas interesadas, que dignándose
 las obras buenas que se están haciendo, en beneficio de la
 provincia, porque de otro modo nunca se llegarán á mis-
 mados, acordando en una provincia, vivo ocurriendo y fue-
 ra de las órdenes de la corte: de suerte que sus fines, para mi
 de grande importancia, presenten favorablemente los resultados.

Guatemala 1.º de Mayo de 1822.

Dr. Francisco de P. Mollat.

Notado.

RESUMEN HISTÓRICO

DE LA

FISICA.

No pretendo escribir la historia de la Física ; mi objeto se limita á dar á conocer con grandes rasgos, los principales sistemas que han estado en boga desde las primeras edades del hombre. Me explicaré mejor; quiero añadir algunos datos á los que ciertos autores han reunido al principio de sus libros, para que otra pluma mas feliz que la mia, comentándolos y coordinándolos bajo un punto de vista filosófico, pueda dar á conocer el desarrollo progresivo de la ciencia, y su inmediata influencia sobre las generaciones que nos han precedido. Quiero tambien, que los alumnos que se dedican á su estudio, conozcan los nombres de aquellos sabios que han sacrificado su existencia al bien estar de sus semejantes, á la ilustracion de sus hermanos, y al desarrollo de la inteligencia humana. Si consigo de este modo llamar su atencion, habré dado un gran paso, porque la curiosidad tan propia de la juventud, le servirá de estímulo para emprender con ahinco el estudio del vasto y fecundo campo de las ciencias naturales.

Para bosquejar la historia de la Física, es necesario recorrer la de los primitivos tiempos ; es indispensable conocer la de aquellos pueblos que vivieron en las primeras épocas del mundo: remontarnos á épocas tan distantes, seguir paso á paso los progresos de la civilizacion, dar á conocer su influencia sobre el bien estar de la humanidad, ora por su inmediata aplicacion á las necesidades de la vida, ora por las consecuencias que de ella han emanado para la felicidad de los pueblos: hé aquí lo que nos proponemos hacer de un modo claro y compendioso.

En vano algunos eruditos pretenden buscar los simples des-

XVIII

tellos de los descubrimientos científicos, en las primitivas edades de la vida del hombre. Lanzado este en un mundo inculto, amenazado de continuo por los agentes exteriores, y lleno de zozobra para satisfacer los estímulos propios á su conservacion, se vió en la imperiosa necesidad de buscar medios adecuados para atender á su subsistencia, cubrir la desnudez y sustraerse de la intemperie. Causas tan poderosas y necesarias á su propia conservacion, fueron sin disputa las que le sugirieron primeramente la idea de inventar varias artes; pero estas artes groseras, sin reglas ni principios, defectuosas en todas sus partes y circunscritas únicamente á la individualidad, no podian formar de modo alguno los elementos de las ciencias. Así es, que cuanto se dice acerca de la historia científica de los primitivos tiempos se halla cubierto con impenetrable velo. Tubalcain, que algunos llamaron Vulcano, supo el arte de trabajar varios metales; en tiempo de Abraham se conocia el uso de las monedas; en la China, en la Persia y en la Caldea se inventaron varios métodos de construccion, y las artes progresaron paulatinamente con las necesidades que despertaba en los pueblos la sed de la conquista.

Sin embargo, entre las naciones que vivieron en remotos tiempos, hallamos restos incontestables que atestiguan su grandeza y adelantada civilizacion. En las primeras edades del Egipto, se conocian las propiedades de muchas plantas, y habia sujetos destinados á la medicina. El arte de embalsamar se practicaba ya en tiempo de José hijo de Jacob; los sacerdotes habian determinado la posicion del equinoccio de primavera y la del solsticio del otoño; estaba instituida la esfera egipcia, y la civilizacion de la India hacia entre estos pueblos indisputables progresos. Así no podemos negar que los egipcios poseian hasta cierto punto la agricultura, la geometria, la arquitectura, la medicina, la hidráulica y la metalurgia.

En vano algunos criticos han pretendido rebajar los conocimientos de este pueblo primitivo, llamándole grosero é ignorante. El lago Moeris, la Tebas de las cien puertas, con su magnifico palacio construido por Amenofis III, aquella estatua colosal que despedia un ¡ay! lastimero al herirla los rayos de Júpiter, los magníficos obeliscos y los grandiosos canales para distribuir las aguas del fecundante Nilo debidos á Sesostris, todo nos prueba hasta la evidencia el adelanto de los egipcios en épocas bien remotas.

Si los monumentos, cuyos restos son en el dia objeto de re-

ligioso entusiasmo para el arqueólogo, nos atestiguan con datos irrecusables los progresos y adelantos de un pueblo que ostentaba su gloria artística hace cerca de cuatro mil años, ¿qué série de siglos no trascurrieron para que la observacion y la esperiencia produjeran tan felices resultados? Con efecto, ante todo debió perfeccionarse la palabra, y el hombre inspirado por la Divinidad, supo distinguir con sus verdaderos nombres los objetos que le rodeaban, ora fuesen animados, ora inanimados. Inventóse la escritura como instrumento indispensable para transmitir las ideas, y la palabra y la escritura fueron desde luego los centros sobre que giró la civilizacion de la India y del Egipto.

Cuando nos remontamos á épocas tan distantes, cuando vemos que mil seiscientos años antes de nuestra era cristiana, la civilizacion habia adquirido tal grado de desarrollo y adelantamiento, cuando en fin, descendemos á examinar esos ejércitos innumerables con que los principes emprendian sus conquistas, la mente del filósofo se estravía en medio de mil y mil conjeturas, y la imaginacion se pierde entre el caos de los primeros tiempos, al considerar la infinidad de siglos que debieron transcurrir para alcanzar tal grado de adelanto y perfeccion.

Los egipcios entregados al estudio del hombre y de la naturaleza, concentraron sus conocimientos entre la clase privilegiada, cuyos individuos consagrados al sacerdocio, eran á la vez filósofos, magos y políticos. Habian establecido tres grandes colegios en Tebas, Memphis é Hierópolis, y en ellos se dedicaban á iniciar en sus misterios, á aquellos que por su elevado nacimiento podian aspirar á tan señalado favor, gobernando á los pueblos bajo una monarquía teocrática.

Uno de los escritores mas antiguos y quizá el primero, que presentó una compilacion de los conocimientos adquiridos hasta entonces, fué Theyt, llamado despues por los griegos Hermes, y por los latinos Mercurio. Este personaje, que algunos han tenido por fabuloso, se consideró entre los egipcios como el inventor de todas las ciencias y de todas las artes. Otros historiadores piensan que Theyt es el mismo que la mitologia designa con los nombres de Baco, Osiris, Iris, Serapio, Apolo y Cham hijo de Noé.

La enciclopedia hermética contenia cuarenta y dos volúmenes, de los cuales cuatro estaban destinados á la astronomia y á la fisica. Esta obra colosal, si se atiende á la época en que fué escrita, se conservaba como un depósito inestimable de ilustracion

XX

y llegó á considerarse como un libro sagrado. De este modo los sacerdotes guardaban misteriosamente el tesoro de los conocimientos humanos, y con ello tenían subyugados á los pueblos. Los reyes elegidos de su seno estaban iniciados en sus misterios, por cuyo medio aseguraban el dominio esclusivo de los súbditos; de modo que entregados los hombres á la abnegacion, vivian á voluntad de la casta privilegiada, y se consideraban como instrumentos mercenarios indignos de penetrar los arcanos de la sabiduría. Y mientras el pueblo fanático y supersticioso, se postraba ante groseras imágenes, signos emblemáticos de los atributos de la Divinidad, ó de las maravillas de la creacion, aquellos en cuyo seno se concentraba la esperiencia y el saber, reconocian un espíritu invisible, eterno y supremo regulador del universo.

Otro hombre extraordinario, salvado en los primeros albores de la vida de las corrientes del Nilo por una de las hijas de Faraon, y educado en la corte de este príncipe, fué Moyses, hijo elegido del Señor é inspirado por su divina gracia. Sus escritos nos ofrecen un monumento precioso para la historia de la física y de la medicina; porque dan á conocer reglas y preceptos higiénicos de grande importancia, y principios de la ciencia del mayor interés, que al través de tantos siglos son aun la admiracion de los hombres instruidos.

La India y la China han reclamado tambien su prioridad respecto á los primeros conocimientos en el estudio de la naturaleza: los indios habian concentrado el inapreciable tesoro de la sabiduría y esperiencia entre sus sacerdotes llamados Bramas, quienes conservaban el fruto de sus estudios en un libro misterioso que se conoció con el nombre de *Vagadasastir*, en el cual anotaban los resultados de sus meditaciones así médicas como físicas.

La India fué sin disputa la cuna en que se mecíó la civilizacion humana, y en ella comenzó á cimentarse la medicina. Esta ciencia fué en su origen religiosa: en los templos se estudiaban las enfermedades, los dioses dispensaban á manos llenas la salud ó el castigo por medio de crueles enfermedades; los sacerdotes con sus ritos aplicaban los remedios y á la manera de los charlatanes de todos los tiempos, atribuian la curacion de las dolencias á sus ídolos favoritos.

Los chinos aislados del resto del género humano durante repetidos siglos, sumidos en la mas torpe ignorancia, supersti-

ciosos con sus geroglíficos y complicada escritura, cuyo conocimiento estaba reservado á sus mandarines, y monopolizando unos pocos las materias que naturaleza habia colocado en su territorio, hubieran seguido como aislados de sus hermanos, si el celo apostólico de los hijos del crucificado venciendo obstáculos sin cuento, y sacrificándose un holocausto de nuestra santa religion, no hubieran penetrado en los estados del imperio celeste. Por fortuna la civilizacion del siglo á que hemos alcanzado, ha dado un gran paso hácia la confraternidad general, y las murallas que por tantos siglos fueron impenetrables al género humano, acaban de ceder al cañon británico del siglo XIX.

Desde 1357 años antes de Jesucristo, segun nos asegura el padre Halde, se puede seguir paso á paso la cronologia de los emperadores de la China, y la de los acontecimientos principales que han tenido lugar en este vasto imperio. 2687 años antes de nuestra era cristiana, Hoâm-ti uno de sus emperadores, fué el inventor de la medicina, y el autor del famoso libro intitulado *Nuy Him*, donde á la par que presentaba reglas para la práctica del arte de curar, ofrecia tambien varios principios sobre el calor y otras propiedades físicas de la materia.

Los chinos ya en esta época tan remota admitian dos principios activos ocultos; tales eran, el *calor* cuyo vehículo se hallaba en los *espíritus*, y la *humedad* de la cual la *sangre* era el flúido esencial. Creian además que habia cinco elementos independientes de estos dos principios activos, que designaron con los nombres de agua, madera, fuego, tierra y metal. Segun esta doctrina, el agua era la fuente y origen de la *fecundacion*, esta engendraba la *leña* y todas las *plantas*, las cuales cuando secas se inflamaban y producian el *fuego* ó los *espíritus ígneos*, de donde provenia un residuo formado por las *cenizas* ó la *tierra*, que á su vez procreaba los *metales*. Tales eran en resumen las doctrinas que dominaban en el imperio celeste unos tres mil años antes del cristianismo.

Parece que mil años antes de nuestra era, los chinos conocian la brújula, bajo cuya influencia se lanzaban al través de los mares y en la inmensidad del Océano.

Si del Egipto, de la India y de la China pasamos á recorrer las primitivas edades de la historia científica de la Grecia, hallaremos tambien el mismo caos, las mismas dificultades, especialmente en aquellos siglos que precedieron á la destruccion de Troya.

Melampo y Chiron fueron los primeros que conocieron algu-

nos secretos de la naturaleza. Uno de los discípulos de este último fué Esculapio, á quien se le rindió una veneracion que rayó en frenesí: los griegos y los romanos le levantaron suntuosos templos do quier estendieron sus conquistas, y sus numerosos discipulos se intitularon *hijos de Esculapio*.

Los Pelasgos primitivos pobladores de la Grecia, entregados á la caza y careciendo de las comodidades que trae en pos de sí la civilizacion, vivian en una absoluta ignorancia, cuando la India, la Fenicia, la Caldea y el Egipto gozaban de los beneficios debidos al adelanto de las ciencias y las artes. Como unos dos mil años antes de nuestra era cristiana, vino Inacho del Egipto conduciendo á Grecia la primera colonia, y su hijo fundó la Argolida, cuya capital se llamó Argos. Otros aventureros se establecieron en la Tesalia y la Arcadia, enseñando el cultivo de los campos, y dando algunas reglas para asegurar le éxito de la agricultura. Tres siglos despues presentóse Cécrope en la Atica, quien fundó á Atenas que consagró á Minerva, y posteriormente Danao arribó en la Argolida, estableciéndose sobre los descendientes de Inacho. Otra colonia de fenicios venidos de Tiro y dirigidos por Cádmo se situaron en la Beocia, y fundaron á Tebas, cuya ciudadela tomó el nombre de su caudillo.

La mayor parte de los indígenas abrazaron de grado ó por fuerza la religion y costumbres de las colonias civilizadas; pero otros prefiriendo su independencía y los usos y leyes de sus ante-pasados, se entregaron á la vida nómada, y errantes y fúgitivos, dedicados al robo y al asesinato, fueron esterminados mas tarde por los nuevos pobladores; de ahí resultaron batallas sangrientas, encuentros reñidísimos y hechos individuales, donde el valor y el arrojo se ponian á duras pruebas, casi siempre funestas de parte de los sostenedores. De ello tomaron origen tantos héroes y tantos acontecimientos, al parecer sobre-naturales, inventados por los vencedores, y tantos mónstruos salvajes que se atribuian á los vencidos. Se confundieron las hazañas de los nuevos conquistadores con las de los dioses que trajeron, se cambiaron los nombres, se desfiguraron los hechos, el orgullo nacional introdujo en el pais todas las datas célebres, y los primeros cronistas lejos de buscar el origen de las tradiciones, relataron fielmente las creencias populares, y la mitología griega, aunque de moderna cuna, presenta la misma confusion, el mismo desórden y oscuridad que la de aquellos pueblos á quienes debieron su educacion.

Destruída , empero , la soberbia Ilion por el poder de la Grecia conducido por Agamemnon , los mares se hallaron á merced de los griegos , y sus buques pudieron surcar desde Palus-Mœotida hasta el estrecho de Gibraltar. Los Helenos enviaron colonias al Asia Menor , á la Italia meridional y á las islas del Archipiélago; sus emigraciones llegaron hasta las Galias, penetraron en España y algunos se establecieron sobre la costa del Africa : sus navegantes osaron traspasar las columnas de Hércules, y se lanzaron en la inmensidad del Océano. Durante este periodo, la Italia fué para los proscriptos la tierra de promision , donde se refugiaron los vencidos y fundaron varias ciudades.

Siete siglos no interrumpidos pasaron en Grecia entre luchas intestinas, donde las ciencias y las letras yacian en vergonzoso abandono: algunos cultivaron solamente las artes liberales, y esceptuando las poesias de Hesiodoro y de Homero, no ha quedado monumento alguno literario de este largo periodo de tiempo. Encerrado el tesoro de la sabiduria en los templos de esculapio, sus progresos permanecieron ocultos, y quedaron encubiertos con impenetrable velo. Hácia mil ciento y cincuenta años antes de la venida del Redentor, las ciencias en general se hallaban bajo el poder de los Asclepiades, como sacerdotes consagrados al culto de Esculapio. En los templos levantados en su honor, se enseñaba la medicina, y cuantos conocimientos tenían relacion con esta ciencia ; pero estos rudimentos del saber humano, solo se trasmitian á esta casta privilegiada , que encerraba en el recinto de sus templos todos los elementos de la educacion de los pueblos.

El Egipto, pues, vió reunidos otra vez bajo su amparo, todos los conocimientos científicos de aquella época ; la civilizacion egipcia concentró en su seno cuanto de mas selecto existia en todos los países , y la patria de los Faraones fué el centro á donde vinieron á instruirse los sabios de todos los países, y la juventud escogida de todos los pueblos. Los griegos acudieron presurosos á recibir la benéfica influencia de una bien entendida instruccion , la cual trasportada á su patria y planteada de un modo adecuado á las necesidades físicas y morales del país, no tardó en dar ópimos y sazonados frutos ; de suerte que sin adoptar de un modo esencial las instituciones que habian aprendido en las orillas del Nilo, prefirieron el espíritu de discusion á las verdades de la filosofia positiva. La era de la fuerza bruta

XXIV

pertenecía ya á la historia, y el reino de la inteligencia habia cobrado un poderoso dominio, y ufano se enseñoreaba sobre la faz del mundo intelectual. Á Hércules y Perseo habia sustituido Temístocles y Milciades; los gimnasios destinados otras veces á los ejercicios del cuerpo, se reemplazaban por los pórticos, donde la multitud corría á iniciarse en los conocimientos de la filosofía, que por tantos siglos habia estado bajo el dominio esclusivo del poder teocrático.

Thales de Mileto que nació 640 años antes de Jesucristo, fué el primero que introdujo en su patria los conocimientos que habia aprendido en el Egipto. Este filósofo creía que la tierra era esférica y se hallaba en el centro del mundo: pensamiento asaz atrevido, que se reprodujo mas tarde, y se sostuvo con todo el calor de los principios de la filosofía teocrática. Sabia tambien que la luna no brillaba con luz propia, y que la que despedía provenia del sol; conocia en fin, la Osa menor, é indicó que esta constelacion podía servir para enunciar los eclipses. Se conocieron entonces varios fenómenos eléctricos por frotacion, se estudiaron algunas de las propiedades del *electron*, y se establecieron las bases de esa rama de la física, cuyas aplicaciones son en nuestros dias uno de los pasos agigantados que ha dado el siglo diez y nueve.

Los filósofos contemporáneos á Thales admitieron en sus doctrinas un principio universal; pero no estuvieron acordes en la eleccion. Phoerecida, maestro de Pitágoras, eligió la tierra, Heráclico el fuego, Anaximenes el aire y Thales el agua. Desgraciadamente estos sabios adoptaron para sus discusiones el método *á priori*, menospreciando hasta cierto punto, los resultados á que conduce la observacion y la experiencia: sistema de discusion que prevaleció durante dos mil años consecutivos, á pesar de los esfuerzos del genio, y que tanto ha contribuido á entorpecer los progresos de las ciencias positivas y de aplicacion. En medio de estas discusiones sostenidas por la sutileza y suspicacia del raciocinio, Anaximandro enseñaba á trazar cartas geográficas y cuadrantes solares, y Anaxágoras abria en Atenas una nueva escuela, donde sostenia como principio, que la existencia de la materia era eterna, que constaba de partes elementales de naturaleza diferente, las cuales siendo similares se aproximaban para dar origen á los distintos cuerpos, y que el arco-iris era el resultado de la refraccion de los rayos solares.

Las ciencias por consiguiente, comenzaban á despojarse de

las formas graves y misteriosas con que se habian revestido en el Oriente; los vestigios de aquella civilizacion indiano-egipcia que sirvieron de modelo á la filosofía griega, se perdian ya al través de las nuevas escuelas, las cuales empezaban á difundirse por todas las clases del pueblo, y llegaron á ser el centro de ilustracion sobre que giró diez siglos despues la antorcha civilizadora de la edad media.

Pitágoras que nació en Samos, una de las islas mas florecientes del mar egeo, 534 años antes de la era cristiana, fué el último de los sabios de la Grecia que recorrió el Egipto, la Fenicia y la Caldea para conocer las costumbres, los usos y las ciencias que imperaban en estos paises. Despues de haber asistido con religioso entusiasmo á las lecciones de Phœrecida, parte para remotos climas, recorre distantes regiones, penetra en el santuario de los padres de la ciencia, se hace iniciar en sus misteriosos secretos, interroga á los bramas y á los magos, y llena su alma de virtud, y enriquecido con la variedad de conocimientos que le proporcionan sus viajes y sus estudios, regresa á su pais, que luego abandona para no sucumbir á la tiránica usurpacion de Policrato. Atraviesa el Peloponeso, entra en la parte meridional de Italia, y en Crotona sienta su mision de reformador, estableciendo la famosa escuela que tomó el nombre de *Escuela Itálica*. Escuela que tanta influencia ha ejercido sobre la filosofía en general, y que fué en la antigüedad una de las que dieron grandes dias de gloria á sus partidarios.

Daremos, no obstante, un rápido bosquejo de las doctrinas de este filósofo.

Pitágoras, allá en su refinado idealismo, consideraba el universo como un *todo* animado, en el cual las inteligencias divinas colocadas en un orden progresivo segun su mayor ó menor perfeccion dentro de su propia esfera, eran los miembros de aquel *todo*. Este conjunto lo designó con el nombre griego *Kosmos*, dando á conocer por esta simple denominacion la hermosura, el orden y regularidad que en él reinaba: los latinos lo tradujeron por la palabra *mundus*. De la unidad considerada como principio del mundo, se ha derivado el nombre de *universo* con que le damos comunmente á conocer.

Este gran filósofo admitió la unidad como máxima fundamental de su sistema, y de cuyo principio hacia emanar todas las cosas. Designaba á Dios por 1, y á la materia por 2; el universo era pues, representado por 12, número que resulta de colocar el

uno á la izquierda *verdad*. Como en *ave* proviene de multiplicar el 3 por el 4, de ahí el creer que el mundo universal estaba compuesto de *tres* mundos particulares enlazados entre sí, y que cada uno de ellos se dividía en cuatro esferas concéntricas. El ser inefable colocado en el centro comun de las doce esferas, que las llenaba á todas sin que ninguna pudiera ocuparle, era Dios.

Estas cuatro esferas de que estaba compuesto cada uno de los mundos particulares, correspondian á las cuatro modificaciones de la materia inerte ó amorfa. Modificaciones primitivas que se distinguieron con los nombres de *fuego*, *aire*, *tierra* y *agua*, y fueron los elementos que constituian todas las existencias del mundo material.

Segun este sistema, se concedia de un modo claro y distinto la unidad absoluta de Dios, como el alma espiritual del universo, el principio de la existencia, la luz de las luces, la causa primera universal. Por consiguiente, 1 representaba el principio activo, 2 el principio pasivo ó la materia, 3 el conjunto de sus facultades, y 4 la plenitud de su esencia. Esta combinacion del número 12, respecto al universo, fué conocida de los egipcios y caldeos, y sirvió de fundamento para las 12 constelaciones del Zodiaco.

La escuela itálica admitia, como acabamos de notar, dos esencias *eternas é increadas*, á saber: el *espíritu* y la *materia*; y con el ayuda de estos dos principios explicaba los diversos fenómenos de la sensibilidad, de la inteligencia y del sentimiento. El hombre fué considerado como un ente intermedio entre lo intelectual y lo sensible, es decir, el último de los seres superiores y el primero de los inferiores.

La escuela Pitagórica fué la primera que indicó la disposicion de la tierra respecto á los demás planetas que constituyen nuestro sistema planetario; ella fué la que dijo que el *esferóide* en que vivimos giraba en rededor del sol, que los cometas verificaban sus revoluciones durante un periodo cierto, y que las estrellas eran otros tantos soles alrededor de los cuales gravitaban otros astros. Digno es, á la verdad, de llamar la atencion del filósofo, que la ciencia empezara á cimentarse resolviendo los problemas mas espinosos é intrincados de la fisica. Estas verdades que se anunciaban 500 años antes del cristianismo, fueron mas tarde subyugadas por los prosélitos de un sistema de absoluta ignorancia, llegando á sepultarse en el ol-

vido, hasta que Galileo en medio de una horrorosa y atroz persecucion supo sacarlas del caos en que yacian. Pitágoras fué tambien uno de los primeros que estudiaron las vibraciones de las cuerdas, y dedujeron ciertos principios de la mayor importancia, que han servido en estos últimos tiempos de fundamento á los descubrimientos de Sabart y de Chladi: á este filósofo somos deudores de muchos de los principales problemas de geografia y de matemáticas; se dice que inventó el teorema *de que la suma de los cuadrados formados sobre los catetos, es igual al cuadrado que se construye sobre la hipotenusa*; Pitágoras dividió el año solar en 365 dias y 6 horas.

La escuela itálica que tantos bienes habia hecho á la filosofía, fué perseguida y aniquilada, y se vió en la imprescindible necesidad de disolverse y diseminarse por las diferentes ciudades de Grecia. Sus discipulos fundaron varias teorías, establecieron diversos sistemas é introdujeron nuevas hipótesis para explicar los fenómenos conocidos; el espíritu de sistema cundió entre aquellos filósofos, de donde tomaron origen escuelas distintas, en las cuales se profesaban principios de doctrina tambien distintos.

Aristógeno concibe la ingeniosa doctrina de la armonía, por medio de la que pretende probar que el pensamiento y la sensibilidad no son otra cosa que modificaciones de la materia. Alcmeon se entrega con ardor á la anatomía y la fisica, y de estas dos partes de los conocimientos humanos, trata de deducir principios de doctrina á favor de la materia bruta. Empedocles introduce en fisica con admirable sagacidad, la idea de las cuatro formas elementales de la materia. Leucipo y Demócrito inventan la doctrina de los átomos, que mas tarde defendió Epicuro, con la cual trataron de demostrar que el vacío y la materia componen esencialmente el universo, y que su existencia es eterna. Leucipo dió acerca de la teoría de los átomos principios tan ciertos y evidentes, que los descubrimientos de 20 siglos han venido á confirmar: la ley de la *isomeria* ó *isometria*, es una consecuencia de aquellos principios. En esta época floreció el inmortal Hipócrates que fundó la célebre escuela médica de Coos, y aplicó á la curacion de ciertas enfermedades el fluido magnético de los minerales ferruginosos.

Hipócrates dotado de un espíritu de observacion exacto y perspicaz, reúne en un cuerpo de doctrina las opiniones de su tiempo; hizo de Esculapio none en práctica los principios de

XXVIII

los asclepiades, y las escuelas de Cnido y de Crotona se ven refundidas para dar origen á la célebre de Coos. Hipócrates se presenta, pues, como historiador de la medicina de la India, como un práctico consumado y amaestrado con las observaciones de muchos siglos, para llegar hasta nuestros dias rodeado de una aureola inmortal: en su nombre, como ha dicho un célebre médico contemporáneo, se encierra la historia de la medicina oriental.

En medio de la amargura que reinaba entre los discípulos de la escuela itálica, al través de opiniones al parecer tan diversas, entre el ruido estrepitoso de las discusiones académicas en que estaban engolfados aquellos sabios sobre el tiempo, la materia y el espacio, aparece Platon discípulo de Sócrates, quien compara el estudio de las ciencias físicas por medio de la meditacion, es decir, por la *intuicion mental*.

Platon admitió como principio que Dios y la materia existian de toda una eternidad; pero que esta última carecia por si misma de forma, de propiedades y de fuerzas. Pensó que en su origen habia Dios dado á la materia la forma triangular, y que con varios de estos triángulos se componian los cuatro elementos, fuego, aire, tierra y agua. De este modo el filósofo de la academia seguia el dogma sentado por Pitágoras acerca de la homogeneidad del principio material, y se entregaba lleno de religioso entusiasmo en el campo de las hipótesis, pretendiendo probar, allá en su acalorada fantasia, hasta la forma que le plugo dar al Criador á la materia amorfa.

Platon fué quien introdujo en el estudio de la fisica el *método especulativo*; método que si bien en matemáticas ha producido buenos y escelentes resultados, en fisica solo ha servido para oscurecer los principios, separándose de la verdad, y probando á la vez cuanto puede una razon sostenida por las sutilezas de un partido filosófico. Creia el ilustre académico que la materia al estado elemental no era perceptible á nuestros sentidos, y que esperimentábamos una sensacion mas ó menos agradable, cuando varios elementos se reunian para formar un todo homogéneo.

De esta época, es decir, hacia 300 años antes del cristianismo, datan, pues, estas dos escuelas que han dividido y dividen aun á los filósofos; escuelas que han tomado los nombres de *sintética* y *analítica*. La primera llamada tambien *racionalista*, tiene por base establecer algunas proposiciones generales ó prin-

cipios abstractos, para deducir por el simple raciocinio la resolucion de los diferentes casos particulares, por esta razon se llama *sinética*. La segunda que se denomina *empírica* ó *experimental*, observa por el contrario un gran número de casos particulares, interroga á la naturaleza, descubre varios pliegues de su misterioso velo, compara luego los hechos entre sí, busca la semejanza en los fenómenos, y establece proposiciones generales ó abstractas que considera como axiomas, porque son el resultado de la observacion y la esperiencia: esta doctrina lleva el nombre de *analítica*.

En medio de estos diversos sistemas que arrastraban en pos de sí á los talentos mas fecundos, amanecieron los famosos dias preparados para Aristóteles, nacido en Stagira en Macedonia, quien despues de haber seguido la carrera de las armas se entrega con ardor á interpretar la naturaleza. Discípulo de Platon, paga el tributo á su siglo, y dominado por el espíritu de sistema, funda sus doctrinas sobre causas ocultas, adoptando no obstante el método analítico: doctrinas que han imperado en el orbe intelectual por espacio de dos mil años consecutivos; pero que sucumbieron ante la fuerza invencible de las verdades debidas al sistema experimental. Digno es de llamar la atencion del crítico, que basando Aristóteles sus creencias en los sentidos, se entregara en el estudio de la fisica por el campo de las idealidades, llegando á establecer los cimientos de los peripatéticos, cuyas doctrinas han alcanzado hasta los gloriosos dias que inmortalizaron á Bacon y Galileo.

Sin embargo, Aristóteles entregado al estudio de los fenómenos fisicos, conoce la necesidad de los sentidos para saber apreciar de un modo evidente la realidad de aquellos fenómenos; desconfia del sistema *a priori*, porque sabe ya por su propia esperiencia, que la *deduccion* en las ciencias fisicas solo conduce á falsas consecuencias; y lejos de seguir aquel método contemplativo que tenia por ley la *suprema inteligencia lo ha ordenado todo del mejor modo posible*, establece por axioma fundamental de sus doctrinas que *todas las ideas vienen de los sentidos*: NIHIL EST IN INTELLECTU QUOD NON PRIUS FUERIT IN SENSU. He aquí como el fundador de la escuela peripatética se presentaba en la arena filosófica; he aquí, pues, como el estandarte de los sensualistas se desplegaba radiante, inaugurando un sistema, cuyos fundamentos sirvieron de móvil dos mil años despues para verificar una revolucion científica é industrial.

XXX

Encargado por Philipo, rey de Macedonia 384 años antes de J. C. de la educacion de Alejandro, formó el corazon de este príncipe, imbuyéndole en la verdadera filosofía; quien en medio de sus conquistas mantenía continua correspondencia con su maestro. La munificencia de Alejandro permitió al sabio de Stagira acumular una coleccion inmensa de productos naturales, y por este medio enriqueció los conocimientos humanos en el ramo de la historia natural. Aristóteles de esta manera inmortalizó su nombre, reuniendo en un cuerpo de doctrina tantos objetos diferentes, los cuales supo describir siguiendo las reglas de una sana lógica: feliz pensamiento que tuvo Thales de Mileto 300 años antes, pero que no pudo realizar por falta de medios.

Aristóteles á pesar de haber fundado la *escuela empírica*, y de creer que todos nuestros conocimientos vienen inmediatamente de los sentidos, cometió en su física la grave falta de establecer principios generales, para hacer de ellos aplicaciones á determinados casos; sistema que á la verdad no puede adoptarse en las ciencias en general. No obstante, sus bases filosóficas fundadas en la razon y apoyadas en la experiencia, obtuvieron un éxito favorable, se recibieron ó se desecharon con ardor en los primeros siglos del cristianismo, y luego abrazados con religioso entusiasmo por los árabes durante la edad media, llegaron á oprimir con su exclusivismo á los talentos mas relevantes del mundo civilizado. Los eruditos creen que Aristóteles fué el fundador de la *historia natural*, que presentó las primeras ideas de meteorología, y el que introdujo en la física el estudio de las matemáticas. Conoció varias leyes de acústica; esplicó la transparencia de los cuerpos diáfanos por la accion de una potencia puesta en juego; dijo que la luz no era fuego ni otra cosa material, que se radiaba del cuerpo luminoso y se transmitía por las sustancias transparentes, y por fin consideró al calor como una calidad ó accidente que tiende á reunir las cosas homogéneas y á separar las heterogéneas.

Al recorrer los escritos de este sabio, notamos desde luego las bases de la escuela *sensualista* moderna; observamos en ellos el principio de la duda como el paso avanzado para descubrir la verdad, ó como una disposicion del alma para elevarse hasta la inteligencia. Aristóteles está muy lejos de profesar, como se ha creído por alguno, ese *pirronismo* grosero que mira la duda como el punto culminante de la filosofía.

Veamos si podemos dar una idea, aunque sucinta, de su doctrina. Consideraba este filósofo el Universo como una estensa máquina compuesta de ruedas que se movían por sí mismas, y cuyos efectos dependían de los principios que las formaban. Esta idea de suyo estravagante y que por ella no podía deducirse ningún principio para explicar los fenómenos naturales, le condujo á algunas experiencias de la mayor importancia. En sus escritos de física nos habla de la pesantez del aire, de la conductibilidad del calor, de la emisión de este fluido, de la figura de la tierra, etc. etc., y traza al espíritu humano la marcha que debe seguir para el desarrollo de la inteligencia, no olvidando el camino de la práctica. Admite en el alma cuatro facultades primitivas, á saber: la vegetativa, la sensitiva, la matriz y la intelectual, y establece además los cuatro elementos ya conocidos, fuego, aire, tierra y agua: elementos que en sentir del filósofo pueden trasmutarse, para lo cual pretende dar á conocer las reglas que rigen á esta trasmutación; en fin, Aristóteles asigna á cada fenómeno cuatro causas esenciales, la material, la formal, la eficiente y la final.

En los trabajos de los filósofos de las diversas escuelas griegas, se nota desde luego el instinto por lo bello y por lo grande; ellos tuvieron genio y aplicación, pero siguieron un falso camino; razonaron sobre un sistema imaginario, partiendo siempre de vanas hipótesis, á las cuales amoldaban, á fuerza de sutileza, los fenómenos naturales bien observados. Sus doctrinas vinieron á reconcentrarse en los sistemas fundados en opuestas bases, cuyos representantes fueron Platon y Aristóteles, que las llevaron á un alto grado de esplendor: doctrinas contradictorias en su esencia, antagonistas por sus principios; pero que han sido el origen de dos escuelas que han llegado hasta nuestros días á un perfecto desarrollo, sin que la una merezca la preferencia sobre su rival; ambas dividen á los filósofos modernos, en estos dos bandos llamados *espiritualistas* y *sensualistas*, los cuales se disputan en encarnizada lucha los trofeos del combate, es decir, la gloria de haber descubierto la verdad; en ellos militan Descartes, Leibnitz, Pascal, Kant, Balmes como acérrimos defensores de la intuición mental, y Bacon, Locke, Condillac, Horbach, Newton, Galileo, Linneo, Cuvier como apóstoles y defensores del sistema experimental.

En medio de estas acaloradas discusiones entre dos escuelas que profesaban opuestas creencias, nació Arquímedes 267 años

XXXII

antes de la venida del Mesías, á quien debemos importantes trabajos sobre la física. Todos sabemos como halló el principio fundamental por el cual se busca la densidad de los cuerpos, la invencion de la rosca que lleva su nombre, invencion que algunos han negado, pretendiendo que los egipcios la habian usado en épocas anteriores, y la refraccion astronómica: las inmensas aplicaciones que hizo como mecánico y como geómetra, le colocan entre los primeros sabios de su siglo. Su fin desgraciado en la toma de Siracusa por Marcelo general del ejército romano, es un hecho histórico que llenó á las ciencias de eterno luto.

En esta época la física no formaba todavia un cuerpo de doctrina bien ordenado; sus principios científicos envueltos con la filosofía y mezclados sin orden ni concierto con la mecánica, la geografía y la astronomía, no constituian aun las bases de una ciencia real y efectiva; así es que fueron inútiles cuantos esfuerzos hicieran; Thales, Aristóteles y otros sabios para emanciparla de la tutela de las ciencias que la tenian subyugada.

Por otra parte, la política cambiaba la faz del mundo conocido; el poder de la Grecia con su filosofía y sus artes liberales, marchaba á su ruina; y Roma estendia sus conquistas por las tres partes conocidas de nuestro planeta. Soberbia cual pueblo que existiera en la antigüedad, lejos de seguir el movimiento intelectual, vivia oscurecida y se entregaba al impulso de sus instintos feroces. En esta época Roma no conocia filósofos, ni poetas, historiadores ni hombres de letras, y solo empezó á recibir algunos rudimentos de la civilizacion de su siglo, con la conquista de la Grecia. Lucrecio comienza á comparar las doctrinas de Leucipo, sostenidas luego por Epicuro, con las de otros filósofos; Séneca nos da algunas ideas acerca de la refraccion de los colores del iris y sobre los terremotos; Plinio en su historia natural indica observaciones de la mayor importancia para las artes, y especialmente sobre la electricidad por el frote; Galeno habla de las conmociones eléctricas de varios pescados; Apieno describe los órganos que gozan de semejante propiedad, y Vossius aplica con rara sagacidad estas conmociones para la curacion de ciertas dolencias.

Para seguir nuestro bosquejo histórico, volvamos un paso atras y trasladémonos á la época de Alejandro. Á la muerte de este conquistador, sus generales se dividieron su imperio, consolidándose cada uno en sus respectivas provincias, y sosteniéndose en el mundo por el éxito de las armas. No obstante Eumenas y

Tholomeo Lago, gobernadores de Pérgamo y Egipto, lejos de cimentarse en el poder basado en la fuerza bruta, se dedicaron con ahinco á proteger las artes y las ciencias, y fundaron las dos bibliotecas mas grandiosas que se han conocido, asi en la antigüedad como en los tiempos modernos. La de Pérgamo que contaba sobre 200000 volúmenes, y la de Alejandría cuyo número ascendió á 700000.

El Egipto, pues, bajo la dinastía de los Lagidas volvió á adquirir aquel brillo y esplendor que tenia en sus primeros tiempos; se llamaron á los sabios de todos los países, y se fundó la célebre escuela de Alejandría, que eclipsó á todas sus predecesoras, y dió al mundo infinitad de varones ilustres.

Grandes fueron los beneficios que reportó á la humanidad la célebre biblioteca de Alejandría, grandes los descubrimientos que se debieron á aquellos sabios y con especialidad en el arte difícil de curar; pero el instituto alejandrino fué víctima de la ambicion desenfrenada de Julio Cesar, que entregó á las llamas una gran parte de aquel tesoro de inestimable valor. Sin embargo, Cleopatra consiguió de Marco-Antonio la traslacion de la biblioteca de Pérgamo, y reparó por este medio una parte de los males que habia sufrido; pero el bárbaro Caracalla entregando aquellos habitantes al filo de las espadas de sus imbéciles soldados, destruyó tambien el monumento mas grandioso de la antigüedad, cuyos restos como de unos 500,000 volúmenes se entregaron á las llamas en el año de 640 de la era cristiana, por órden del Califa Omar segundo sucesor de Mahoma. Aquellos tesoros del saber humano, donde se hallaba escrito cuanto se habia descubierto é inventado desde las primitivas edades del hombre, sirvieron para calentar durante seis meses consecutivos, mas de cuatro mil baños públicos. ¡Tal fué el desastroso fin de la célebre biblioteca de Alejandría, monumento grandioso de la antigüedad, cuya pérdida llorarán eternamente las ciencias todas!

El poder de Roma habia subyugado el orbe conocido, y sus huestes victoriosas se estendian por la Europa, el Asia y el Africa: el espiritu de supersticion no se habia aun desterrado á pesar del adelanto que se habia introducido en varios ramos del saber humano, y los emperadores aplicaban algunos principios de la ciencia para aterrar á la multitud. Numa Poinpilio hacia descender el rayo o la misma divinidad por un medio oculto, del cual fué víctima Julio Hostilius; y Aruns pretendia reunir los relámpagos

XXXIV

esparcidos por el aire para sepultarlos en la tierra. La astronomía considerada como efecto de la magia, hizo en Roma grandes progresos, hasta que emprendida la lucha entre los apóstoles de la Religión del Crucificado y los sectarios del paganismo cayó en descrédito, y se vió avasallada por la astrología, que en vano habia pretendido aquella demostrar la verdad de su falsa ciencia.

La química, hermana inseparable de la física, tampoco poseía en esta época un cuerpo de doctrina que pudiera colocarla en el catálogo de las ciencias. Reducida á algunos hechos aislados que se trasmitían de generacion en generacion por medio de la tradicion oral, ó se recopilaban por la escritura para monopolizarse por unos pocos, cuando el pensamiento del hombre no podia pintarse sobre láminas, ó unida estrechamente á la medicina como auxiliadora de su materia médica, sus progresos fueron lentos y de poca consideracion.

Sin embargo, notamos ya en estos tiempos que los fenicios sabían el uso de varios metales, y los egipcios cultivaron con buen éxito diversos ramos de estas ciencias con aplicacion á la industria. Las artes químicas pasaron de los egipcios á los griegos, y despues á los romanos. Theophrasto dirigió la escuela peripatética y fundó la fisiología vegetal, dando á conocer las cualidades fisico-químicas de muchas plantas. Se inventaron los medicamentos complicados, se pretendió imitar á la naturaleza, y se indicaron algunos procedimientos de metalurgia. Con efecto, Demócrito se ocupó por mucho tiempo de la fabricacion de las piedras preciosas artificiales: Dioscórido, médico de Cleopatra, presentó un procedimiento para la estraccion del mercurio, escribió sobre las sustancias odoríferas, acerca de los aceites y los ungüentos y dió á conocer varios jugos vegetales, muchas gomas y resinas, y otros productos sacados del reino orgánico; se introdujeron en la medicina esas composiciones complicadas llamadas *triacas* y *elixires*, de las cuales algunas cuentan hasta sesenta cuerpos diferentes, y se hicieron, en fin, felices aplicaciones de varias sustancias colorantes.

Llegamos ya á la época de transicion durante los primeros siglos del cristianismo. El imperio romano, cuya estension bajo el cetro de Séptimo Severo, era mayor que el de Alejandro el grande, va desmoronándose poco á poco, por las conquistas sucesivas de los bárbaros venidos del Norte; las discusiones de los filósofos griegos sobre la física, la moral y la metafísica pier-

den su interés, é yacen sepultadas en el olvido; Platón, Epicuro ó Zenon vienen á dirigir la moralidad de los principios; Aristóteles impera despóticamente en la física y la metafísica, y hasta la medicina ya no conoce mas leyes, ni otros preceptos que los prescriptos por Galeno.

Los griegos abrumados por el azote de guerras intestinas y estrañas, gobernados por príncipes ignorantes y rodeados por todas partes de bárbaros, sucumben bajo el peso del oscurantismo, y las ciencias, la literatura y las artes son entregadas á un olvido absoluto. El imperio de Occidente cubierto del denso velo de la superstición, yace en vergonzoso abandono, y pronto se entrega á los desmanes de una falsa idolatría, bajo la cual la multitud se ve dominada por toda clase de excesos: el de Oriente se halla tambien amenazado de su total ruina.

Las cuestiones filosóficas abandonando sus primitivos principios, giran sobre la veracidad de las palabras del maestro, y cuando las doctrinas de Platon y de Epicuro subyugan á la muchedumbre, y tienen aprisionados los talentos mas fecundos, una moral mas sublime y persuasiva, una religion mas pura y edificante, difundida por Jesus hijo de Maria, y sellada con la sangre de innumerables mártires, viene á reemplazar aquellas sectas basadas en el paganismo. Nueva lucha entre la religion verdadera y la falsa idolatría; nuevos combates entre los sectarios de los falsos dioses y los apóstoles del evangelio, para que las doctrinas del Crucificado marchen de conquista en conquista, haciendo resonar su voz augusta á la par que santa y clemente por toda la haz del Orbe conocido.

La destruccion del paganismo arrastró en pos de sí á las diferentes sectas filosóficas, y fué el origen de aquel célebre edicto de Justiniano contra los filósofos. Las escuelas donde las ciencias se enseñaban por paganos se destruyeron, y este Emperador, á quien la legislacion debe grandes y eminentes trabajos, mandó cerrar las escuelas de Occidente, so pretexto de acabar con la idolatría: como por una gracia especial se conservaron las de Alejandría, cuyas cátedras eran desempeñadas por filósofos cristianos. Vanos fueron los esfuerzos que aquellos sabios hicieron para evitar los graves males que iban á pesar sobre el género humano: el anatema de destruccion estaba lanzado, y la inteligencia se habia aberrojado para sujetarla al carro del oscurantismo; por todas partes se levantaban obstáculos y mas obstáculos, á fin de retroceder á los tiempos de absoluta

XXXVI

ignorancia; de suerte que cerrados á su vez estos restos de la civilizacion griega y romana, la filosofía vino á ser patrimonio esclusivo de los astrólogos, que hacian de su ridícula ciencia una vergonzosa especulacion.

Parece que por un conjunto de circunstancias casuales durante los primeros siglos del cristianismo, se habian reconcentrado todos los elementos de destruccion para sumir á la especie humana en la mas torpe ignorancia. Al principio del siglo VIII Leon el Isauriano envolvió bajo sus falsas creencias á las artes y á las santas imágenes; y mientras entregaba al tormento á doce eclesiásticos que miraron con horror sus doctrinas erróneas, quemaba con sacrilega mano los libros de su propiedad.

Las ciencias físicas abandonadas siempre al azar, sufrieron de nuevo un grande atraso, y todos los conocimientos así filosóficos como científicos fueron acumulándose en los claustros: en esta época aparecieron algunas obras debidas al talento de los religiosos de la órden de San Benito. Sin embargo, en este tiempo fué cuando floreció Anthemius, hábil ingeniero, á quien Justiniano encargó la nueva construccion del templo de Santa Sofía. Parece que este varon ilustre tuvo alguna idea acerca la fuerza expansiva del vapor.

Agonizante la civilizacion de los romanos, aniquilado su espíritu nacional, creadas varias existencias políticas independientes entre sí, abatida y vejada la clase productora, esclava la industriosa y mercantil, todo manifestaba del modo mas evidente, que el coloso de los pueblos iba á sucumbir bajo la ruina de tan mala administracion. Los Hunos que en el siglo cuarto vivian aun en el estado de barbarie, conducidos por Balamiro pasaron el Volga, y dispersaron á los Ostrogodos. La debilidad del Emperador Valente abrió á los godos la Italia, la Galia y la España, y desde luego invadieron todos estos paises las razas Germánica, Eslavona y Escítica.

Dividido el cetro romano entre los hijos de Teodosio, el imperio de Occidente sufrió varios trastornos, hasta que en el año 476 cayó en poder de los Germanos, quienes eligieron á Odoacer por su rey. El imperio de Oriente bajo el cetro de Justiniano, contó todavía algunos dias de gloria, gracias á la habilidad de varios de sus generales, y al celo heroico de Belisario. Sin embargo, atacado por todas partes por los Nubios y los Persas, vió desplomarse poco á poco su antiguo esplendor, y vino á

sepultarse entre el ruido estrepitoso de las armas de aquellos bárbaros. Los Lombardos se apoderaron de una parte de la Italia, los Avaros la amenazaron por el Norte, y los Persas intervinieron en sus querellas políticas, dando á Tiberio una paz bastante honrosa.

Ya en esta época un hombre extraordinario salido de los desiertos de la Arabia, se anunciaba como legislador, profeta y conquistador. En el espacio de medio siglo habia Mahoma llevado sus conquistas por toda la Arabia, subyugado á muchos reyes extranjeros á quienes obligó á recibir de grado ó por fuerza los principios de su secta. El proselitismo habia cundido por la Judea, la Siria y el Egipto, y los sucesores seguian con pasos agigantados sus rápidas conquistas, inspirados por un celo religioso, y guiados por la sed del botin. Por fortuna la política de muchos príncipes musulmanes se dirigió á proteger las ciencias y las letras, y varios de los Califas se esforzaron en recoger los restos mutilados del tesoro científico de la antigüedad. Tolerantes hasta cierto punto, respecto á materias religiosas, protegían á todos los hombres de mérito, y sabían recompensar sus servicios, por cuyo medio concentraban en sus estados las luces de todas las civilizaciones anteriores. En el año de 786 Arun -al-Raschid, que algunos han llamado el Carlo-Magno del Oriente, supo proteger con mano franca las ciencias y las letras; embelleció la ciudad de Bagdad, dotó escuelas públicas, é hizo traducir al árabe los principales escritores griegos. Su hijo Al-Mamoun fundó la academia de Bagdad, la cual llegó á ser una de las mas célebres de la edad media; encargó á sus embajadores comprar todos los escritos de los filósofos, haciéndolos traducir, y pagándolos algunas veces á peso de oro.

Las conquistas de los sectarios de Mahoma se estendieron á la península española, y despues de haberse cimentado sobre bases sólidas, y cuando el poder de la media luna parecia indestructible, se dedicaron á la instruccion pública, como el punto culminante sobre que deben girar las diferentes ruedas de la complicada máquina de la administracion; fundaron diversas escuelas, academias y bibliotecas, en Córdoba, Toledo, Sevilla y Murcia: la primera llegó á contar hasta 224,000 volúmenes.

La irrupcion de los bárbaros habia cambiado la faz científica de la Europa civilizada hasta el reinado de Carlo-Magno; al concluir el siglo octavo, este príncipe fundó escuelas especiales

XXXVIII

en cada Catedral, donde se enseñaba la escritura, la aritmética la teología y el canto llano; á ellas debian concurrir todos los eclesiásticos y empleados públicos. Alcuino, los hermanos escoceses Juan y Clemente, el Abad Angilberto, Enigardo, el Obispo Teodulfo, fueron los maestros mas sobresalientes que dirigieron los primeros destellos de la civilizacion moderna en tiempo del emperador: de este modo la ilustracion, aunque pobre y enfermiza, empezaba de nuevo á cimentarse con pasos lentos y bien meditados, creciendo á la sombra protectora del cristianismo. Asi es, que por una parte las compilaciones de Capella y Casiodoro, anteriores ya á Carlo-Magno, el concurso y cooperacion de los religiosos benedictinos por la otra, el celo apostólico de los hijos del Crucificado diseminados pára propagar la fé, junto con aquellas escuelas guiadas y sostenidas por el entusiasmo del conquistador, sirvieron de fundamento para preparar épocas mas dichosas, donde las ciencias y las letras salieron del caos en que yacian sepultadas.

Sin embargo, la marcha progresiva que habia emprendido el entendimiento humano, vióse paralizada en circunstancias especiales por los trastornos políticos y el cambio de las instituciones. Con efecto, en Francia durante Ludovico el Pio y Carlos el Calvo, las ciencias estuvieron olvidadas; en España mientras reinaron Alfonso 1.º de Castilla, Ordoño 1.º y Alfonso el Grande hasta Fernando 1.º, tampoco dieron señales de vida; la Navarra bajo el cetro de Sancho 1.º hasta Felipe el hermoso, no manifestó prueba alguna de su progreso intelectual; Aragon y Cataluña entregados á querellas domésticas, ó bien ocupados en la espulsion de los Sarracenos, habian olvidado los adelantos á que siempre les han conducido las ciencias, y solo pensaban volar al campo de la gloria dirigidos por los Borrell y los Berengueres, ó pelear bajo la égida de Alfonso el conquistador y Jaime el batallador. La Inglaterra durante los reinados de Alfredo el grande y de Eduardo su hijo, estuvo sumida en el mayor abandono científico, y en general se puede decir que toda la Europa cristiana tuvo un interregno, durante el cual se descuidó el estudio, para entregarse con ahinco á la colosal empresa de las Cruzadas, ó á la destruccion completa de los árabes, abatiendo el poder de la media luna bajo los muros de Jerusalem, en los campos de Tours y en las Navas de Tolosa.

Entre tanto los árabes, en medio de sus victorias y de sus reveses por el poder naciente de los hijos de Pelayo, seguan •

en la Península la marcha progresiva de las ciencias, y cultivaban, aunque con poco fruto, los escritos de Galeno y Aristóteles, que apenas supieron comprender. En el siglo VIII floreció Gheber-Aben-Moussa-Djafa-Alsofi, considerado por los descendientes de Mahoma como el primer fundador de la escuela árabe; entonces fué cuando se descubrió el alambique, se conoció el ácido nítrico y se presentó el sublimado corrosivo: los árabes trabajaron con el agua regia, dieron á la medicina el nitrato de plata y varias preparaciones farmacéuticas, cundiendo ya entre ellos el vehemente deseo de buscar el oro por medio del arsénico, fundando de este modo los cimientos de un arte grande y excelente, al cual se dió el nombre de *Alquimia*: pensamiento asaz extravagante, fundado en principios filosóficos intuitivos, que algunos han tenido la peregrina idea de restablecer en nuestros días. Por medio de los procedimientos de la alquimia se prolongaba la vida hasta lo infinito, y se verificaba la trasformacion de unos cuerpos simples en otros. ¡Torpe demencia de la razon humana, aspirar á trastornar el órden de cosas establecido por el autor de la naturaleza!

La fisica y la química fueron entre los árabes dos ciencias auxiliares de la medicina; ellas no vivieron por sí ni gozaron de aquella independencia, que establece los verdaderos principios calcados en la observacion y la esperiencia. Durante seis siglos los sectarios del islamismo fueron los dueños absolutos de la luz intelectual, de la que solo algunos destellos alcanzaron á Carlo-Magno; destellos que formaron los cimientos de la ilustracion de la Europa moderna.

La medicina comenzaba ya á emanciparse del sacerdocio intelectual, y los santos padres queriendo conservar entre los descendientes de la ciencia de Esculapio, aquella preponderancia que alcanzaron los sacerdotes paganos en épocas bien remotas, crearon escuelas episcopales y universidades, donde á la vez se enseñaba la filosofia y la teología, el derecho y la medicina, ó bien tan solo alguna de estas facultades. De este modo se crearon durante el siglo XIII de nuestra era cristiana, las universidades de Bolonia y Pádua en Napoles, las de París y Montpellier en Francia, la de Oxfor en Inglaterra, y las de Valencia y Tortosa en España. Inocencio III por medio de una bula garantizó á los profesores y escolares de la escomunión, y los reyes y magnates se esforzaban en conceder privilegios y distinciones á los que consagraban su vida para penetrar los arcanos de la

XXXX

sabiduría: puede decirse que los hombres dedicados al estudio tenían sus leyes, sus costumbres y sus magistrados, es decir, formaban una sociedad aparte. Por este medio la instrucción empezó á cundir por el pueblo, los amantes del saber humano estaban asociados para ilustrarse mutuamente, y el espíritu de emulación vino á elevar la civilización cristiana sobre todas las civilizaciones del paganismo.

Desde el siglo XI el escolasticismo y la dialéctica, sirviendo de norma á la teología, aspiraron á dominar el orbe intelectual, y el arte de discutir fué para los padres del peripato, un manantial fecundo é inagotable, que condujo á la celebridad á sus principales sostenedores, y llegó á ser la pasión dominante de la época. San Anselmo, Pedro Lombardo, Juan Roselino, se entregaron con abinco á los seductores raciocinios y deslumbradoras deducciones de la filosofía racionalista; de suerte que la física y la química aherrojadas bajo el yugo de los partidarios de la intuición mental, ó envueltas entre las delirantes investigaciones á que conducía la alquimia, se desarrollaban pobres y enfermizas, viviendo á la sombra de la medicina, y ocultándose de las ardientes imaginaciones y sagaces discursos de los racionalistas.

Sin embargo, en el siglo XIII Alberto el Magno, nacido por los años de 1205 en Suabia, y religioso de la orden de Santo Domingo, se ocupó con predilección del estudio de la física, y empezó á establecer los principios de una doctrina puramente experimental. Partidario de Aristóteles hizo numerosos comentarios acerca de los trabajos de este filósofo, y después de haber enseñado con general aceptación en Colonia, dió en París lecciones en una plaza pública, que se conoció con el nombre de la *plaza del maestro Alberto*. En sus obras describe con admirable acierto el origen de las aerolitas, ya como cuerpos formados en las regiones de la atmósfera, ya como cantidades de materia caídas de la luna: hipótesis que en nuestros días han servido para ostentar la erudición de mas de un físico. Alberto conoció la influencia de la temperatura para la vegetación, y por medio de invernáculos conseguia sazonados frutos antes de la estación calurosa. Este físico escribió sobre los minerales y las piedras, y fué uno de los alquimistas mas sobresalientes de su época.

Ya en este tiempo era el asombro del mundo científico el célebre Arnaldo de Villanueva, hijo de Aragon, quien se consa-

gró con ardoroso entusiasmo al estudio de la medicina, y con especialidad al de la química: á él somos deudores del descubrimiento del espíritu de vino, de la esencia de trementina, de las aguas aromáticas, y de otras preparaciones farmacéuticas de la mayor importancia. Parece que murió en el año de 1313 cuando pasaba de Sicilia á Aviñon cerca de Clemente V. Sus obras sobre la química y la ciencia *grande y escelente* tienen varios epígrafes mas ó menos anfibológicos.

La filosofía escolástica habia subyugado el genio del siglo XIII, y los raciocinios de los peripatéticos marchaban de conquista en conquista para dominar el orbe intelectual. Vanos eran los esfuerzos de varones eminentes para romper las densas nubes que impedían difundir la luz de las ciencias de observacion; inútiles los adelantos debidos á la física y á la química: los alquimistas afanados por encontrar la *piedra filosofal* , sacrificaban unos sus fortunas y haciendas, al paso que otros esplotaban en provecho propio la buena fé de los príncipes y magnates.

Y puesto que hemos llegado á la época de la alquimia, justo será descender al origen de sus doctrinas para poner de relieve la verdad de semejantes delirios y el origen de aquellas concepciones extravagantes, que tanto ha censurado la posteridad.

El panteísmo marchaba al través de los siglos sosteniendo la identidad de sustancia, y el carácter pasivo de la materia. Para los sectarios de estas escuelas, la palabra *materia* era una voz ideal que carecia de significado, y absorbiendo el hombre en Dios, unos como Malebranche pretendieron, mas tarde, que fuese el autor de nuestros deseos, de nuestros pensamientos y de nuestras acciones; de modo que á fuer de sublimarse en el idealismo propagaban el panteísmo idealista; otros, entre los que figuraron Espinosa, tendieron al panteísmo materialista: los adelantos del entendimiento humano solo sirvieron para oscurecer la verdad, y aumentar la ojeriza que desde lejanos tiempos existía entre las dos escuelas antagonistas.

Si la sustancia ó la materia es pasiva; si su actividad depende de accidentes que vienen del *ser necesario*, si, en fin, su manera de existir se nos revela por fenómenos del mundo eterno, los cuales se nos representan de diversos modos para dar origen á los cuerpos, segun se admitia en aquella época y se ha admitido despues por algunas escuelas, ¿qué extraño es que los alquimistas entregados al estudio de la naturaleza, busquen los me-

XLII

dios para metamorfosear esta materia primera, haciendo que modifique ó cambie de propiedades? qué cosa mas natural, siguiendo los impulsos del corazon humano, que ver á los que se ocupan de escudriñar la naturaleza, cómo buscan los medios de comunicar á la materia esa actividad por la que se presenta á los sentidos, como oro ó como plata?

Las extravagancias de aquellos sabios, búsquense en la filosofía reinante de su tiempo, no en los conocimientos *a posteriori* que proporcionan las ciencias experimentales. Mas lo que llama en el dia la atencion del hombre pensador es, que á pesar de tantos errores y desengaños, despues de los adelantos que de un siglo acá han hecho las ciencias naturales, haya habido un Kant, un Schelling, un Hegel, un Oken, un Link, un Lamennais, un Schubert que en medio de crasísimos errores de fisica y de química han levantado en el siglo diez y ocho y diez y nueve el panteísmo idealista, y queriendo elevarse hasta la suprema inteligencia, han descendido hasta el punto de poner en duda la existencia del Ser necesario. Las extravagancias, pues, de los alquimistas estaban basadas en los errores de la filosofía *a priori*. ¡Desgraciada inteligencia cuando se halla aherrrojada por los delirios é intolerancia de un partido filosófico! De cuantas escuelas han imperado en la arena filosófica ninguna es mas religiosa y esencialmente moral, que la que está basada en el estudio de la naturaleza. Allí es donde el hombre aprende á *creer* y á *admirar*; el alma entonces se estasia y se remonta hasta el trono del Altísimo, para enaltecer su omnipotencia y su infalible bondad: el filósofo naturalista es altamente religioso.

En medio de esta lucha encarnizada donde los naturalistas eran vencidos en el combate, amaneció otro varon ilustre, que lleno de religioso entusiasmo, quiso blandir las armas de la sana observacion, dando á conocer las verdades á que conduce una bien meditada esperiencia: insigne discípulo de Alberto el Magno, concibe la arrogante idea de sacudir el yugo escolástico interrogando á la naturaleza, y fundando sus leyes sobre principios bien conocidos. Tal fué Rogerio Bacon, religioso franciscano, el cual con admirable constancia llegó á establecer las bases de la fisica experimental. Bacon entre el fanatismo de su época, supo hacer numerosos prosélitos, y entre el escándalo que produjeron sus sabias doctrinas, reunió los fondos suficientes para subvenir á los gastos de sus admirables al par que sor-

prendentes y bien combinadas observaciones. Dió á conocer los vidrios cóncavos y convexos, indicó las bases para el microscópio y aumentar el volúmen de los objetos, habló de la pólvora de cañon, y cultivó con admirable solidez las matemáticas, la mecánica, la astronomía, la óptica y la química.

Bacon á pesar de ser uno de los hombres mas grandes de su siglo, se vió perseguido y avasallado por el general de la órden; se le condenó á perpétua prision, y solo con la condicion espresa de no volverse á ocupar *jamas* de sus estudios físicos, consiguió el don inapreciable de la libertad. ¡Hombre extraordinario superior á su siglo, cuyo solo nombre hincha de entusiasmo el corazon de los amantes de las ciencias naturales! Sus obras sobre física, química y diversas partes de estas ciencias, han pasado respetadas de las generaciones, y se recuerdan aun con religioso entusiasmo.

Es innegable que el furor y exaltacion de los alquimistas y los amargos desengaños á que condugeron sus pretendidos conocimientos, fueron los principales obstáculos que entorpecieron el desarrollo de las ciencias naturales por mas de tres siglos. Lentos fueron sin duda los descubrimientos que se hicieron en física; la metafísica de Aristóteles imperaba como señora, y sus principios generales sobre la luz y el calor, se miraban como axiomas. Marco Paolo introdujo la brújula en la navegacion, que el Cardenal de Vitri habia descrito en el año de 1200; los epicuros y partidarios de los corpúsculos consideraron el calor como un poder esencial ó una propiedad del fuego, ó como una sustancia volátil del fuego mismo reducida á átomos y emanada del cuerpo ígneo. De suerte que solo el ilustre Bacon quiso romper las cadenas con que los peripatéticos aherrojaban los descubrimientos hijos de la sana observacion y de la experiencia.

Sin embargo, en este siglo florecieron Jorge Ripsey y Hermesius el filósofo, quienes dieron á luz varios tratados sobre química, que se recibieron con general aceptacion.

El siglo XIII no obstante de haber lanzado su furioso anatema sobre los que se dedicaban á interrogar á la naturaleza, vió otros varones entendidos que contribuyeron á preparar el campo que mas tarde dió al género humano ópimos y sazonados frutos. En él floreció Raymundo Lulio, nacido en Mallorca de una familia originaria de Barcelona, y discípulo de Arnaldo de Villanueva, quien escribió 60 volúmenes acerca de la química, y fué uno de los primeros autores del *remedio universal* y de la *pie-*

XLIV

dra filosofal. Basilio Valentin compuso un tratado sobre el antimonio intitulado *Currus triumphalis antimonii*; en el cual describió con rara sagacidad las operaciones mas espinosas de la ciencia, dando á conocer los puntos mas difíciles del arte.

Si los filósofos peripatéticos marchaban con paso firme hácia sus conquistas, los alquimistas tenian tambien sus prosélitos, que miraban las obras de sus maestros como un testimonio irrecusable de una verdad positiva. El sentimiento adquirido en el hombre social desde los primeros destellos de su inteligencia, de aumentar el número de sus goces, junto con el pavor que infunde la idea de la muerte, fueron otros de los móviles que escitaron el entusiasmo de aquellos sabios. La alquimia respondia satisfactoriamente á estas exigencias, y todos se entregaban con ahinco á la trasformacion del oro y á buscar la *panacea*, que debia prolongar la vida hasta una edad indefinida.

Llenos de alagüeñas esperanzas y fiados en un risueño porvenir; enorgullecidos con el éxito favorable de algunos medicamentos estraidos siguiendo los procedimientos químicos, cuya accion terapéutica era activa y eficaz, pretendieron sujetar la medicina á su alvedrio, creyendo que esta parte del estudio del hombre se hallaba bajo su poderoso dominio.

Por otra parte, el arte de curar habia seguido los trastornos y vaivenes de los siglos anteriores, y despues de la invasion de los bárbaros y de los árabes, estos llegaron á ejercer la supremacia en la medicina. Reducida á algunas fórmulas empíricas, deducidas de los libros de Galeno, que apenas supieron comprender; apoyados en raciocinios extravagantes que constituian un lenguaje ininteligible; alguna evacuacion sanguínea aplicada casi siempre sin la oportunidad debida; las purgas y tal cual medicamento estraido del reino vegetal, he aquí lo que en esta época formaba la materia médica. Las enfermedades sifilíticas que comenzaron á diseminarse por algunos paises, y sobre todo por varias ciudades de Italia, Francia y España, combatidas victoriosamente por varios de los medicamentos que suministraba la química, acabaron de declarar la victoria; asi es, que sin conocer la naturaleza del individuo, sin examinar los signos ó síntomas para formar el diagnóstico, ni mucho menos presentar un pronóstico razonado, atendian solo á la esposicion, por ella buscaban la causa del mal, y lo combatian con un mismo remedio.

No obstante, es innegable que en esta época la medicina, la química, la física y en general todas las ciencias naturales, re-

cibieron un grande impulso. Médicos, químicos y metalurgistas se dedicaban con ahinco á trabajos especiales para estender el círculo de sus conocimientos, que refluían casi siempre en beneficio de la física y de las artes productoras. Los partidarios de las ciencias ocultas, cedieron el campo á la observacion y verdadero estudio, y los descubrimientos se sucedieron con admirable rapidez, abandonando el empirismo para seguir el sendero de ilustracion que marca la antorcha luminosa de la ciencia. A las extravagancias de Cornelio Agrippa substituyeron los útiles trabajos de Agricola y Glaser, á la sagacidad y supersticion de Gerónimo Cardan, los adelantos de Le-Febre, La Mort y Globero. La química hacia, pues, indisputables progresos; las preparaciones mercuriales, sulfurosas y antimoniales se preconizaban como remedios heróicos, y los príncipes y hombres de fortuna seguían con ardor el impulso dado á las ciencias, y con él la marcha progresiva de los adelantos. Tal era el estado de la física y de la química al concluir el siglo XV, cuando apareció un hombre extraordinario, sobre el cual los historiadores estan poco acordes.

Aurelius Philippus Theophrastus, Paracelsus, Bombastus ab Hohenheim, nació en Marien — Eisiöldeln en 1493. Su padre Guillermo Hohenheim, licenciado en medicina, gozaba de una excelente reputacion, y se encargó de la primera educacion de su hijo; á quien hizo mas tarde visitar las universidades de varios paises, y oír á los profesores mas célebres de su tiempo.

Sus partidarios pretenden que el jóven Paracelso aprendió la medicina y cirugía con su padre, y que hizo notables progresos; qué habiendo manifestado especial aficion á la alquimia, le hizo estudiar con Tritemius, que gozaba en su tiempo de la mayor reputacion; que luego pasó bajo la direccion de Sagismundo Fugger con quien aprendió la teoria y práctica del arte espargírico, teniendo la dicha de estudiar con los maestros mas eminentes de su tiempo la filosofía de los adeptos, quienes nada le ocultaron de su relevante ciencia. No contento con semejantes progresos, viajó con el fin de visitar las academias de Alemania, Italia, Francia y España; recorrió la Prusia, la Lituania, la Polonia, la Valaquia, la Transilvania, la Croacia y la Eslavonia, siempre con el ardiente deseo de enriquecerse en conocimientos médicos y químicos. Tuvo relaciones con los profesores del arte de curar mas sobresalientes; con viajeros, nigrománticos, astrólogos, sibilas y alquimistas; con nobles, príncipes y grandes mag-

XLVI

nates, buscando siempre la ciencia do quiera que se manifestaba.

A la edad de 20 años visitó las minas de Alemania y llegó hasta Rusia, donde fué preso en la frontera de la Tartaria y conducido á su Cham que lo remitió á Constantinopla, en cuyo punto halló la *piedra filosofal*: entonces contaba 38 años de edad. En 1527 ocupó en Bále la primera cátedra de química y física, la que desempeñó durante dos años, quemando públicamente los libros de Galeno y Avicena.

Algunos de sus discípulos á quienes habia dispensado una especial proteccion, escribieron varios folletos llenos de injurias, que sirvieron para indisponerle con la multitud. Prestó sus auxilios como facultativo á Lichtenfessius por la suma de 100 luises de oro, y curado de sus dolencias se negó al pago de lo estipulado; entonces indignado Paracelso de tal infamia, lo hizo comparecer ante los jueces, quienes fallaron contra el facultativo. Su genio fogoso impulsado por el menosprecio con que se le negaba lo que legítimamente se le debía, acusó al jurado ante la opinion pública de ignorancia é injusticia, por cuya razon fué culpable del delito de Lesa-Magestad. Ayudado por algunos de sus amigos, se retiró á la Alsacia, seguido de su discípulo y secretario Oporinus, donde estuvo errante por espacio de 20 años consecutivos, hasta que abandonado tambien por este á consecuencia de un escrúpulo de conciencia, murió en el hospital de San Esteban en Saltzburgo el 24 de setiembre de 1541, á la edad de 48 años.

Veamos lo que sobre este personaje ha escrito un autor contemporáneo. Apenas Paracelso hubo aprendido con su padre los elementos de la primera educacion, cuando siguiendo la costumbre de los escolásticos pasó á visitar las universidades, para oír á los profesores mas célebres de su tiempo; pero lejos de frecuentar las escuelas, Paracelso buscaba la sociedad de las sibilas, de los astrólogos, barberos y cabalistas, en la cual hacia alarde de haber aprendido sus admirables secretos. Durante 10 años no consultó ni un solo libro, llegando á olvidar los estudios académicos, y las reglas de gramática y literatura.

A los 20 años de edad contrajo el vicio asqueroso y degradante de las bebidas fuertes, pasion que iba creciendo de dia en dia, y acabó por absorberle enteramente la razon y la virilidad. Habia llegado como á los 35 años, cuando se halló al frente de una cátedra de física y cirugía, la cual desempeñó en Bále por espacio de dos años. Una multitud curiosa y entusiasta corria

presurosa á oír el *taumaturgo*, quien para sorprender á su auditorio quemó en público las obras de Galeno y Avicena, y entre los delirios y extravagancias de su enfermiza imaginacion esclamaba; «Aprender médicos que mi gorro de dormir sabe mas que vuestros académicos. Griegos, latinos, árabes, franceses, italianos, judíos, cristianos, mahometanos, todos me seguireis y yo no os seguiré, porque soy vuestro monarca y me pertenece la soberanía.»

Paracelso huyó precipitadamente de Bále, por efecto de una aventura, y tomando una vida errante y arriesgada se hallaba en 1528 en la Alsacia, en 1529 en Nuremberg, en 1531 en San Galo, en 1540 en Mindelheim, y el año siguiente murió en Saltzburgo en el hospital de S. Esteban á la edad de 48 años. Sin embargo, el vizconde d' Arlincourt en sus viajes al norte, asegura que este hombre extraordinario murió de muerte violenta.

Pocos profesores habrán influido tanto en el espíritu científico de su siglo como Paracelso. No obstante, cuando se ha tratado de hacer el análisis critico de sus escritos, se ha caído en un caos insondable, y todos han renunciado á tamaña empresa." Seria una empresa superior á los humanos conocimientos, dice un autor contemporáneo, reducir los escritos de Paracelso á una forma sistemática. Dotado en algunos instantes de admirable penetracion, delirante y fogoso en otros; ya consagrado á los progresos de la ciencia, proclama la autoridad absoluta de la esperiencia, ya lanzando violentos anatemas contra las teorías de los antiguos, ó enagenada la mente por un estímulo parece tener secretas inteligencias con los espíritus infernales; un hombre en fin, que ayuna por la mañana y se pone ébrio por la tarde, y recorre sin orden ni sistema cuantas ideas le sugiere su estraviada fantasía, debe concebir los pensamientos mas diabólicos y extravagantes que jamás se hayan presentado en humana imaginacion." Paracelso amalgamó sin orden la medicina, la química, las doctrinas místicas y la cábala. Algunos eruditos han asegurado que en sus escritos sobre la química nada hay de nuevo; todo se había discutido en épocas anteriores por los Teósofos alejandrinos, por los árabes, por el Alberto el grande, Rogelio Bacon, Raimundo Lulio y otros autores que le precedieron. Sin embargo, M. Malgaigne ha encontrado una vislumbre de las doctrinas que mas tarde difundió Francisco Bacon, por lo cual lo proclama como el precursor de aquel gran ingenio.

XLVIII

Llegamos ya á una época en la que el dominio de las ciencias naturales se extendía de día en día, y los físicos y los químicos abandonando sus ocultas y misteriosas investigaciones, penetraban con paso firme por el camino de la observación y de la experiencia. El siglo XV cerraba sus puertas con los acontecimientos mas grandiosos que puede ofrecernos la historia de los pasados tiempos. El poder de la media luna que ostentó su arrogancia en las orillas del Guadalete, sucumbe en los muros de Granada á las huestes victoriosas conducidas por Isabel I de Castilla y Fernando V de Aragon. Vasco de Gama dobla el cabo de Buena Esperanza, y pone á los pies de la corona de Portugal dilatadas y vastas regiones. Cristóbal Colon despues de mil desengaños y humillaciones, protegido por la magnánima Reina que acaba de espulsar á los sarracenos, conquista un nuevo mundo, el cual entrega como honrado y fiel vasallo á su augusta protectora. Magallanes lleno de esperanza y ardoroso entusiasmo, sigue impávido reconociendo las tierras australes; Drake da la vuelta al mundo, y por todas partes publica la fama grandes y portentosos descubrimientos.

Los errores seguidos por los alquimistas con constancia y buena fé, son sustituidos por la antorcha refulgente de la sana critica, y mientras algunos ilusos siguen todavia los trabajos estrambóticos del arte espagírico, Palissy, Libavius, Vanhelmon y otros ilustres varones estudian con filosofia la composicion de los cuerpos, y deducen experimentalmente principios de doctrina basados en las leyes de la naturaleza.

La astronomía hija querida de la fisica, se habia emancipado de la astrología, y sus descubrimientos llegaron á ser el punto de partida sobre que fundaron varios filósofos la revolucion científica preparada por tantos siglos. Copérnico que habia nacido en Thorn (Prusia) en febrero de 1473, siguiendo las hipótesis de la escuela Pitagórica y examinando con el mayor cuidado los escritos de Plutarco y Ciceron, imaginó un nuevo sistema del mundo. Primeramente siguiendo la opinion de los egipcios hizo girar á Mercurio y Venus al rededor del Sol, colocando á Marte, Júpiter, Saturno y aun el mismo Sol en movimiento en derredor de la tierra. Esta opinion modificada mas tarde por las ideas que habia indicado Apolino de Perga, eligió el Sol para centro comun de todos los movimientos planetarios, é hizo girar á este astro al derredor de la tierra, como lo verifica la Luna: arreglo que llegó á ser el sistema de Tycho-

Brake. La ardiente imaginacion de Copérnico no hallaba trabas ni obstáculos para establecer las hipótesis que debían explicar los movimientos de los cuerpos celestes; de suerte que los sistemas planetarios eran para el sabio de Thorn simples juegos de fantasía. Tomando, por último, cuanto creyó verdadero en las diferentes hipótesis que habia dado á conocer, fundó el nuevo sistema que hoy admitimos con el nombre de *sistema copernicano*. El llamado Santo Tribunal de la Inquisicion condenó al sistema de Copérnico como falso y absurdo en filosofía y herético en principios del dogma; mas su autor despues de haber coordinado mejor sus ideas hácia 1507, publicó el conjunto de sus observaciones en una obra intitulada *De orbium coelestium revolutionibus*, y murió el 24 de mayo de 1543 á la edad de 70 años. Ya en esta época Grimaldi, que habia nacido en Boloña en 1518, comenzó á rasgar las densas nieblas que oscurecian los fenómenos de la óptica, explicando por el sistema de las ondulaciones la propagacion del fluido luminoso.

Colon al descubrir un nuevo hemisferio, dió á conocer que la direccion de la brújula no era constante, y Gonzalez y otros intrépidos navegantes acabaron de presentar hácia 1534 las verdades de aquellas indicaciones, manifestando que la aguja imantada se separa á la derecha ó á la izquierda del meridiano, segun la posicion del lugar en que se halla el observador.

El sistema copernicano sufrió recios y duros ataques de otro astrónomo que en su tiempo gozó de alta reputacion. Tycho-Brake, nació en 1546 de una familia noble, y se consagró al estudio de las ciencia celestes, bajo la proteccion de Federico III. Impugnó á Copérnico sobre los movimientos de las estrellas fijas, y negó su sistema planetario fundando otro por el cual la tierra se halla en el centro del mundo, á cuyo alrededor gira el Sol y la Luna; y Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, hacen sus revoluciones alrededor del Sol. Este sistema admitido por de pronto con aplauso, fué poco á poco cayendo en descrédito por los descubrimientos ulteriores, de modo que en el dia solo pertenecen á la historia. Tycho-Brake perfeccionó y mejoró notablemente los instrumentos astronómicos, y murió el 14 de Octubre de 1601.

A pesar de los rápidos progresos que hacia la filosofía peripatética, y que la escuela de Aristóteles tenia aprisionados los talentos mas fecundos, amanecieron los famosos dias preparados para Bacon y Galileo, donde el pensamiento y el genio, despojados de

trabas inútiles, se lanzaron á nuevas conquistas. Lejos de difundir sistemas erróneos y desfigurar con débiles comentarios los trabajos de sus antepasados, interrogan á la naturaleza y buscan medios infalibles, para penetrar hasta su santuario. La experiencia y la observacion reemplazan á la confianza y ciega credulidad, y desde luego fundan sus teorías, haciendo obrar los cuerpos artificialmente, y midiendo su direccion, su existencia y su energia: las artes y las ciencias experimentales aparecieron en el mundo como una nueva creacion, y este astro vivificador destinado á aclarar para siempre el vasto horizonte de la civilizacion, infundió en el entendimiento humano una luz regeneradora, que en vano otros filósofos habian procurado buscar.

Con efecto, Galileo que habia nacido en Pisa en 1564, da á conocer las oscilaciones del péndulo, el isocronismo, y de ello deduce un reloj astronómico, que mas tarde perfeccionó Huyghens. Sus vastos conocimientos en mecánica y matemáticas, le condujeron á inventar la balanza hidrostática, y ayudado, ó mejor, estimulado por el marqués de Guido Ubaldi, se dedicó á estudiar el centro de gravedad, llegando á descubrir la resistencia del aire en su caída, y la verdadera teoría del movimiento uniformemente acelerado. Hacia el año de 1593 dió á la fisica y á las matemáticas varias máquinas, entre las cuales merecen citarse el *termómetro* y el *compás* de proporcion, que se llamó *compás militar*. No contento con haber escrito los *Diálogos sobre las ciencias* publicó la *gnomonica* una obra de *mecánica*, un tratado de fortificacion, y otro de *astronomia esférica*. En 1604 prueba hasta la evidencia, que la estrella descubierta en la constelacion del serpentario, se halla mas allá de lo que los peripatéticos llamaron la region elemental; en esta época aumentó la fuerza de los imanes por medio de armaduras convenientemente dispuestas.

En 1609 inventó Galileo el telescopio y con el ausilio de este instrumento, vió la superficie de la luna y al planeta Venus con las mismas fases que la tierra; á Júpiter con sus cuatro satélites, la vía láctea, las nebulosas, y en fin, vió la bóveda celeste sembrada de infinitud de pequeñas estrellas. Entonces fué cuando descubrió en el Sol varias manchas, dió á conocer que los eclipses de los satélites de Júpiter eran de grande importancia para medir las longitudes, y se dedicó con el mayor ahinco á una serie de observaciones importantes, acerca de la construccion de las tablas destinadas á la navegacion.

Hasta aquí la vida del filósofo habia sido una serie no interrumpida.

pida de triunfos: catedrático de matemáticas de la universidad de Pisa por la intercesion de los duques de Médicis, retirado después á Florencia, vuelto al magisterio público en la universidad de Pádua por la influencia de Sagredo, y protegido de la República Veneciana, hubiera concluido esa existencia precaria que arrastra el hombre con los vaivenes de la sociedad, meciéndose entre las flores; pero nombrado matemático del gran Duque de Toscana, la emulacion y la envidia vinieron á turbar su reposo, y Galileo sufrió una tenaz y encarnizada persecucion.

Los peripatéticos atados directamente por la lógica concluyente de Grimaldi, destruidos por los razonamientos hijos de la experiencia por Francisco Bacon, y demostrados sus errores por los descubrimientos de Galileo, levantaron una cruzada para hundirle y aniquilarle. Inspirados de un fanatismo religioso, le acusaron de innovador, y de hombre quimérico, añadiendo allá en su torpe ignorancia, que sus pretendidos descubrimientos atacaban la verdad de las doctrinas evangélicas. Entonces fué cuando uno de los hombres mas grandes que nos ofrecen los fastos de las ciencias, se vió en oscuras cárceles, solo por haber osado interrogar á la naturaleza.

Acérrimo partidario del sistema copernicano, por los años de 1633 sufrió los ataques de la corte de Roma; se le condenó á abjurar sus creencias en fisica y astronomía, y se le encerró en fétidos calabozos, cuando ya contaba 70 años de edad. En esta época dió al mundo para oprobio de sus perseguidores, aquella célebre abjuracion que horrarian de la historia en el siglo XIX, los descendientes de aquellos que vieron en los trabajos del filósofo, el principio de una verdad absoluta. *Yo abjuro, dijo Galileo, y o maldigo y detesto el error del movimiento de la tierra.* Pasado un año se le concedió el don inapreciable de la libertad, y retirado en un pueblo de las cercanías de Florencia, perdió la vista; pero lleno de mansedumbre y tranquila su conciencia, aguardó la muerte con cristiana resignacion, falleciendo al 9 de Enero de 1642. ¡Cosa notable! En este mismo dia nació el célebre Newton. ¡Quién será capaz de escudriñar los sabios decretos de la Providencia!

La vida de Galileo nos propociona una multitud de datos para la historia de la fisica, ó mejor dicho, es un episodio de la historia de esta ciencia. La vida de este hombre célebre por mas de un concepto, ha llenado de oprobio á sus atroces perseguidores, porque ha demostrado cuanto puede la virtud y la ciencia, cuan

LII

do estan apoyados en el conocimiento deducido de las verdades experimentales. Es innegable que en el estado á que ha llegado la civilizacion del género humano, algunos sacrificarian sus mas caros intereses para rasgar una página de la biografia de Galileo.

Vanos fueron los esfuerzos de los sectarios del peripato, para impedir la marcha que habia tomado el entendimiento; inútiles las trabas que por todas partes oponian los defensores del realismo platónico; vergonzosa y estéril la persecucion del sabio de Pisa sostenida con atroz encarnecimiento por tantos años; un génio eminente habia tomado á su cargo la colosal empresa de rasgar el velo de la hipocresía, para presentar la verdad desnuda de sutilezas escolásticas, y sin los ridículos atavios con que la habian adornado los que para oscurecerla sacrificaban al inmortal Galileo. Tal fué la audaz empresa que acometió Francisco Bacon, á quien se le considera como el restaurador del método debido á la observacion.

Bacon nacido en Londres por los años de 1560 y varon de Verulamio, dió desde su tierna infancia pruebas de un espíritu elevado, sagaz y emprendedor. Dedicado con ardoroso entusiasmo al estudio de las ciencias naturales, y siguiendo paso á paso los progresos de la física y de la química, vió desde luego las graves consecuencias que resultaban, cuando al inaugurar estas ciencias se daban á conocer los axiomas y demás principios generales. Desde luego quiso establecer un sistema, que partiendo de las *sensaciones y de los hechos particulares, se elevase lentamente por medio de una marcha gradual al conocimiento de las proposiciones generales*. Este método, á la verdad, era distinto del que habia seguido Aristóteles, el cual *partiendo de las sensaciones y de los hechos particulares, se lanzaba de improviso á los principios mas abstractos y generales*. De este modo Bacon pasaba de las sensaciones á los hechos individuales, luego á las nociones un poco mas estensas, y así sucesivamente se elevaba por una serie gradual hasta las nociones mas generales, ó los axiomas mas abstractos, los cuales lejos de formar el cimiento de la ciencia, constituyen en sentir del filósofo la coronacion.

Bacon sostiene con admirable firmeza, que el objeto de la ciencia no consiste en iaventar argumentos, sino en dar á conocer los artes; que para su proyecto no deben buscarse las cosas conforme á los principios, sino los principios mismos; y que es altamente perjudicial entregarse lleno de esperanza en brazos de quiméricas probalidades, en vez de consagrarse á seguir

las indicaciones positivas que conducen á nuevos métodos. El silogismo, segun el filósofo inglés, solo conduce á la confusion y á una eterna disputa, al paso que la *inducccion* garantiza hasta cierto punto del error, sigue de cerca á la naturaleza, que es hermana de la práctica y va casi á mezclarse con ella.

Bacon, á pesar de haber sido nombrado gran Canciller de Inglaterra, siguió con constancia sus estudios favoritos y murió el 7 de Abril de 1626, dejando á la posteridad un nombre lleno de gloria, que la física conserva entre el catálogo de los que mas han contribuido á engrandecerla. Si Galileo supo recorrer con pasos agigantados el vasto campo de la filosofía natural, reduciendo sus grandes principios al terreno de la esperiencia y de la observacion, Bacon demostró el camino de la verdadera filosofía, zanjando los cimientos de esa *escuela inductiva* que ha sido la base de los grandes descubrimientos que se hicieron y se han hecho en los siglos diez y siete, diez y ocho y diez y nueve.

En medio de esa nueva lucha abierta entre los aristotélicos y los partidarios de la escuela *racionalista por induccion*, Juan Keplero, que nació en Witemberg 1571, descubria sus grandes leyes astronómicas, que mas tarde sirvieron de punto de partida á Newton. Á él somos deudores de algunos principios de óptica, y sobre todo del problema que dice, *que la intensidad de la luz decrece en razon inversa del cuadrado de la distancia*. Este gran observador nos habla del microscópio, de la combinacion de los lentes para invertir los objetos, indica que la pesantez es una ley universal de la naturaleza, dejando vislumbrar que el aire es pesado, y por fin provisto de un anteojó diferente del de Galileo, reconoció que las montañas de la luna debian ser mayores que las de la tierra. No obstante Keplero nombrado en 1600 matemático del emperador Rodulfo II, fué desatendido y tratado con ingratitud, muriendo en Ratisbona el 15 de noviembre de 1630, cuando á la sazón se hallaba reclamando el pago de sus sueldos: en 1673 Catalina II compró todos los manuscritos que aun no habian visto la luz pública.

Gassendi contemporáneo de Keplero, fué uno de los sabios que mas contribuyeron á destruir las doctrinas peripatéticas, y uno de los filósofos eruditos de su época, que mas influencia ejercieron en la marcha de la filosofía y de las ciencias positivas.

Discípulo y admirador de Bacon, digno amigo de Galileo y de Keplero, y precursor de Newton y de Lock, fué á la vez gran

historiador, anticuario, biógrafo, físico, naturalista y astrónomo; géometra y anatómico, helenista y dialéctico, y por fin, fué escritor erudito y elegante. Hizo sostener las tesis contra Aristóteles, las cuales contestó en griego y hebreo, y despues de haber sido catedrático de matemáticas en el colegio real de Francia, murió el 14 de octubre de 1655. Los escritos de Gassendi son los que presentaron á la faz del orbe intelectual, la verdadera escuela aristotélica, tal cual debia entenderse, rasgando de este modo la densa niebla que tenia oscurecidos los talentos del siglo XVII.

Los racionalistas por induccion, apoyados siempre en el estudio de la esperiencia y sostenidos por la sana observacion, manifestaban las ventajas que proporciona su método, aun para aquellos que se dedican al conocimiento de las ciencias morales: los racionalistas por deduccion ostentaban orgullosos las galas de la fantasia, y reclamando en su apoyo las preeminencias que deben concederse al espíritu, aspiraban á subyugar con sus sutilezas las verdades del mundo eterno. Los físicos, los químicos y los médicos por la naturaleza especial de sus estudios, sostenian llenos de entusiasmo y buena fé las ventajas de la *inducccion*; al paso que los metafísicos, los matemáticos y los moralistas, guiados tambien por aquellos mismos principios de entusiasmo y buena fé, declamaban á favor del método *deductivo*. La victoria parecia haber sido alcanzada por los naturalistas, cuando apareció Descartes, que vino á colocar en el templo levantado por los filósofos racionalistas por deduccion, la piedra angular que sostuvo su desmoronado edificio.

Descartes nació en Haya, Turena, en 1596. Dotado por la Suprema Providencia de ese espíritu creador, y animado por un carácter independiente, quiso reformar la filosofia partiendo de la *razon pura*, y mirando como inútiles las verdades á que conduce la observacion. Profundo matemático, gran astrónomo y eminente físico, reunia un fondo de sabiduría suficiente para emprender tamaña empresa. Siguiendo á Aristóteles y á Bacon, quiso prescindir de cuantos conocimientos habia adquirido en sus primeros estudios, diciendo que para buscar la verdad, es indispensable olvidar de una vez cuanto se sabe, á fin de construir de nuevo todo el sistema de conocimientos; y puede decirse que con un solo principio, supo reemplazar á esa lógica complicada de los peripatéticos: *« el espíritu puede afirmar de una cosa, todo aquello que está contenido en la idea de ella, ó bien la evidencia es el*

único sello que marca la verdad de nuestros juicios". Por esta razon, dice Descartes, que la lógica peripatética con sus silogismos y la mayor parte de sus instrucciones, sirve á lo mas para esplicar á otro las cosas que ya se saben, lo mismo que el arte de Raymundo Lulio, enseña á hablar sin juicio de aquello que aun se ignora.

Animado por el renombre que habia adquirido con la feliz idea de la aplicacion del álgebra á la geometría, y con sus rápidos progresos en las ciencias físicas, comenzó á reedificar el edificio de nuestros conocimientos, segun su dominante idea *de la razon pura*, partiendo de un fenómeno de conciencia. *Yo pienso*, dijo el filósofo, luego *yo existo*. De aquí se elevó por una serie de deducciones llenas de sublimidad, á las verdades mas eminentes del orden moral.

Respecto al mundo objetivo, Descartes tomó por base de su cosmogonía una proposicion de los filósofos de la escuela pitagórica. *La materia es inerte y por sí carece de forma y energia*. De esta proposicion deducia una serie de consecuencias, con las cuales veniamos á conceder que la materia carecia de atributos.

Nada mas fácil que demostrar siguiendo los principios de los cartesianos, es decir, de la razon pura, que los seres contijentes se hallan provistos de actividad interna y esterna. La realidad de su existencia nos la revelan los cambios que causan en nuestro organismo, bien sea de un modo directo, bien modificando los seres que obran sobre nosotros. Si con efecto existiese un ser absolutamente inactivo, ó del todo desprovisto de lo que llamamos *actividad esterna*, no tendríamos medio alguno para conocerle. Hasta ahora la química no nos ha presentado ninguna clase de materia que carezca de propiedades, y que á la vez pueda adquirir las que el filósofo pretenda; pues en este caso se habria encontrado la *materia primitiva de los alquimistas*, y su pretendida piedra filosofal sería una verdad absoluta, eterna é inmutable.

La inercia de la sustancia estensa no es la falta de actividad atómica, ni mucho menos la carencia de la actividad esterna: no es tampoco la indiferencia al reposo ó al movimiento. La inercia como *cualidad negativa*, es la inaptitud absoluta del átomo primero para todo acto interno, cuyo resultado sea cambiar su manera de obrar sobre los demás seres; y como *facultad positiva*, es la resistencia del átomo primero á cualquier fuerza que tienda á cambiar su estado de reposo ó de movimiento. Con efecto, lo que caracteriza la sustancia esterna, es que la actividad de cada una de las partes constitutivas, se limita á un esfuerzo esterno de ac-

LVI

ción y de reaccion, el cual no puede por sí mismo suspender ni alterar. Por esto decimos en el día *que la materia es esencialmente activa.*

Descartes separándose de cuantos sistemas se habian imaginado para explicar de un modo satisfactorio los fenómenos de la naturaleza, inventó una materia primera, única y elemental, con la que pretendió dar á conocer la formacion del universo; esta materia divisible al infinito, capaz de modificarse por sus movimientos, susceptible de descomponerse y aun de organizarse, era para Descartes, la panacea de su sistema. Al propio tiempo dijo, que el espacio era infinito, miró el vacío como una quimera, y admitió la existencia de un fluido sutil esparcido por la naturaleza y que penetraba al interior de todos los cuerpos. Segun Descartes, existen tres elementos formados de millones de moléculas, las cuales se hallan como hacinadas las unas al lado de las otras, y chocándose, restregándose y estrellándose entre sí, son arrastradas de un movimiento rápido, como los torbellinos alrededor de los diferentes centros, de donde tienden á separarse en virtud de una fuerza centrífuga que nace del movimiento circular. Por medio de sus torbellinos pretendió explicar todos los fenómenos naturales, dando á conocer la pesantez, las mareas y otros que son puramente geológicos. Pero los trabajos principales de este célebre filósofo, se hallan en el estudio sobre la luz. Él nos habla en la *dióptrica* de las propiedades generales de este fluido; nos enseña las leyes de la reflexion y refraccion, y sobre todo demuestra *que cualquiera que sea la oblicuidad de un rayo luminoso que pasa de un medio á otro de diferente refrangibilidad, la relacion del seno de incidencia al seno de refraccion es constante é invariable.* Analiza además los fenómenos de la vista y cuanto tiene relacion con la organizacion del ojo, habla del cómo se pintan las imágenes en la retina, y por qué siendo doble aquella imagen por tener dos ojos, la vemos en el estado normal simple y sencilla. Sin embargo, este filósofo en medio de sus errores y de sus delirios, hizo excelentes servicios á las ciencias, porque dió á conocer varias leyes, especialmente sobre el fluido luminoso. Descartes despues de haber merecido la proteccion de Catalina de Suecia, y el aprecio de los grandes magnates, murió el 11 de febrero de 1650. De sus escritos se han hecho varias ediciones, que han merecido la mas alta reputacion.

El nuevo sistema inventado por el filósofo francés, halló por todas partes fuertes y rudos ataques; los alemanes con su espi-

ritualismo refinado, y algunos italianos impulsados por las doctrinas materialistas de Bacon, que querian elevar mas allá del órden que les diera su autor, dedujeron consecuencias mas ó menos satisfactorias, unas que tendian á darle ensanche y estabilidad, al paso que otras tenian por objeto derribarlo hasta por sus cimientos.

Aparecieron como preliminares de tan elevada empresa los escritos de Fermat, sobre varios puntos de matemáticas que tenian estrecha relacion con la fisica; las importantes observaciones de Torricelli y Pascal, que tanto han contribuido al desarrollo progresivo de la ciencia, y los descubrimientos de Roemer Bernoulli y Desaguliers. Algunos como Spinosa, tomando un rumbo opuesto, se ocuparon de ciertas cuestiones metafísicas, que les acarrearón un anatema universal, y fueron consideradas como delirios de una imaginacion enfermiza. Por el contrario, Malebranche tomando una direccion diferente, deducia de los principios de Descartes consecuencias forzadas, que algunos han calificado de extravagantes, porque conducian á un refinado espiritualismo. De suerte que aquellos filósofos otra vez encarnizados entre Bacon y Descartes, emprenden de nuevo la lucha, y llenos de esperanza y porvenir se lanzan al combate. Por otra parte, Leibnitz, Pascal y Malebranche sostienen el idealismo filosófico, y Newton, Locke, Huyghens y Desaguliers, apoyan con sus portentosos descubrimientos el sensualismo por induccion. En medio de este encarnizado combate donde militan los hombres mas eminentes del siglo XVII, la fisica adquiere nuevas leyes, se enriquece con multitud de máquinas y complicados aparatos, cunde la curiosidad por todas las clases, el espíritu de investigacion arrebató la mente de los filósofos, y todos contribuyen al desarrollo del saber humano, ensanchando el círculo de los conocimientos naturales.

Con efecto, el célebre Huyghens no contento con haber descubierto los relojes de péndulo, los de faltriquera y otros varios instrumentos de fisica, se entrega á escudriñar los espacios celestes por medio de un objetivo de doce piés de foco, que aumenta luego hasta veinte y dos, y con el cual dá á conocer el sistema de Saturno con sus satélites y su anillo. Resuelve con admirable sagacidad los problemas mas espinosos é intrincados de las matemáticas, y llamado á Francia por el gran Colbert, dió á la fisica aquel famoso tratado acerca de la luz en el que presentó el admirable descubrimiento de la doble refraccion en el espato de Is-

LVIII

landia. Huyghens habia nacido en el Haya el 14 de abril de 1629, y murió en su pais natal el 8 de julio de 1695, despues de haber llenado al mundo con sus portentosos descubrimientos.

Newton con ese espíritu investigador que tanto le distingue, comienza su brillante carrera desterrando con mano firme de la física cuanto está basado en meras congeturas y vanas hipótesis; acomete la grandiosa empresa de crear la filosofía natural y lucha frente á frente con las escuelas de su tiempo. Apoyado en las observaciones del padre Kircher, publica en 1687 sus opiniones acerca la fuerza que retiene á los planetas en sus órbitas, y somete ya la física á la esperiencia directa y á los preceptos rigurosos de la geometría. En vano pretenden parar al filósofo en su carrera progresiva los escritos de Huyghens, Leibnitz y de los hermanos Bernouilly; todo es inútil, todo es infructuoso. Newton utilizando los descubrimientos de sus contemporáneos, sigue con paso firme el sendero que le marca la antorcha de la observacion, y se prepara para ornar las sienes con la diadema de la inmortalidad que le arroja el género humano.

Despues de haber demostrado la ley de la gravitacion universal, hace dimanar de este principio, fecundo en resultados, los grandes fenómenos del sistema del mundo. Desde luego considera la gravedad en la superficie de los cuerpos celestes, como el resultado de las atracciones parciales ejercidas entre todas las moléculas elementales, y de ello viene á deducir, aquella propiedad notable y característica de la atraccion recíproca en el cuadrado de las distancias; á saber, que dos esferas formadas de capas concéntricas de densidad variable, se atraen mutuamente como si sus masas estuviesen reunidas á sus centros.

Guiado por las leyes de Keplero y con el auxilio del cálculo de las fluxiones, que él mismo inventa para esplicar el sistema del mundo, descubre que la atraccion solar, y la atraccion terrestre decrecen en razon inversa del cuadrado de la distancia: prueba así mismo que el movimiento de rotacion de la tierra ha debido en su origen aplanarla por los polos, y determina las leyes de las variaciones de los grados de los meridianos y de la gravedad de la superficie. Vé que las atracciones del Sol y de la Luna causan y mantienen en el Océano las oscilaciones de las aguas, y de ahí deduce los principios verdaderos del flujo y reflujo de los mares. Reconoce tambien que muchas desigualdades de la Luna y el movimiento retrógrado de sus modos son debidos á la accion del Sol. Considera, con ese talento suspicaz é investiga-

dor, el relieve del esferoide terrestre en el ecuador, como un sistema de satélites adherentes á su superficie; halla que las acciones combinadas del Sol y de la Luna propenden á hacer retrogradar los nodos de los círculos que describen en derredor de la tierra, y que todas estas tendencias comunicadas á la masa entera del planeta, deben producir en la interseccion del ecuador con la eclíptica, aquella retrogradacion lenta que se llama *precesion de los equinoccios*: así pues, la causa eficiente de este gran fenómeno, dependiente del aplanamiento de la tierra y del movimiento retrógrado que la accion del Sol imprime á los [nodos, son dos principios que Newton dá á conocer á la astronomía.

Al propio tiempo trabajaba en su *óptica ó tratado de la luz y de los colores* que publicó en 1704. En él presentaba la descomposicion de los rayos luminosos, y una multitud de esperimentos nuevos de la mayor importancia. La teoría de este célebre físico acerca de la propagacion de la luz, fué del todo opuesta á la de los cartesianos. Verdad es que Newton admitia lo mismo que Descartes, un fluido imperceptible á nuestros sentidos, el cual se hallaba esparcido por todo el universo; pero supone que la impresion que ocasiona este fluido imponderado sobre nuestra retina, se debe á la sustancia propia de la luz, la que sale del cuerpo luminoso en todas direcciones con escesiva velocidad para ir á parar al cuerpo que ilumina. Publicó tambien el *Tratado de los principios*, cuya obra era tan metafísica, que pasó desapercibida de sus contemporáneos. Fué uno de los inventores del cálculo diferencial.

Perfeccionó los telescopios, y aun se asegura que fué el autor del telescopio por reflexion, que el abate Nollet en el pasado siglo atribuyó á Gregory. En todos los escritos de este filósofo sublime, se vé como resalta la piedad: esos planetas principales, dice Newton, que describen al rededor del Sol círculos de que él es el centro, y cuya semejanza y plan es para todos el mismo con corta diferencia, nos manifiestan unos movimientos regulares que no proceden de una causa mecánica, porque los cometas siguen un rumbo diferente. Pues bien, este magnífico sistema del Sol, de los planetas y de los cometas, no ha podido ser abortado sino por la voluntad y el poder de una *inteligencia Omnipotente*.

Hé aquí como uno de los físicos mas eminentes que jamás haya presentado la historia, esplicaba por medio de los fenómenos

LX

de la astronomía, la existencia del Ser supremo. Newton habia nacido en 1642 en Wolstrop provincia de Lincoln en Inglaterra, y falleció en 1727 á la edad de 85 años.

Uno de sus mas acérrimos partidarios fué Desaguliers, quien despues de haber sido discípulo de Kell, llegó á reemplazarle en la universidad de Oxford. En sus cursos de física newtoniana asistian los hombres mas distinguidos de su tiempo, y en ellos demostraba por medio de una serie repetida de experimentos, las verdades que los profesores que le habian precedido, sorprendieron á la avara naturaleza. Por esta razon inventó varios instrumentos, perfeccionó otros muchos, adelantó la mecánica y la hidráulica, y dió á conocer varios fenómenos acerca de la electricidad.

Tantos adelantos en las ciencias positivas, que todas estan apoyadas en la razon basada en la esperiencia, solo servian para hacer prosélitos en la bandera llamada sensualista. Locke queriendo refutar las ideas innatas de Descartes, sienta por principio que todas las ideas vienen de los sentidos y de la reflexion, segun habia anunciado Bacon, es decir, de las operaciones propias del espíritu ó del entendimiento sobre las sensaciones. De suerte que este filósofo tomando por punto de partida la simple percepcion, esto es, la conciencia que tiene nuestro espíritu de las impresiones sensitivas, marcha por medio de una série no interrumpida de consecuencias hasta las operaciones mas complejas y abstractas del pensamiento: Podemos decir que Locke analizando con admirable sagacidad las funciones de nuestro entendimiento, desde la simple percepcion hasta las abstracciones mas elevadas, espuso del modo mas persuasivo y seductor, la doctrina sensualista ó empírica: doctrina que hizo los mayores progresos en todos los paises cultos, que abrazaron los filósofos de mayor nota, que sirvió de base para las teorías de los naturalistas, y que imperó durante el siglo XVIII á pesar del poder reinante, contando entre sus sostenedores al célebre Condillac, quien no solo la popularizó simplificándola hasta hacerla vulgar, sino que la apropió á todas las ciencias.

Vanos fueron los esfuerzos del genio eminente y generalizador de Leibnitz, para combatir la escuela de Bacon sostenida y apoyada por el esclarecido talento de Locke, y mas tarde por los trabajos de Condillac. Aquel hombre universal por sus conocimientos, y que contribuyó á inventar el cálculo diferencial, concibió un alfabeto, por medio del que se representaban todas

nuestras ideas con igual precision y generalidad, que si fuesen cantidades algebraicas.

Distinguido matemático, quiso conciliar la multitud de ingeniosas hipótesis que habia elaborado en su fecunda imaginacion, con sus vastos conocimientos en las ciencias de la cantidad. Estudiando los sistemas que en épocas anteriores habian estado en boga, intentó perfeccionar el método, estableciendo algunos principios positivos; emitió ideas y pensamientos llenos de novedad, con que la ciencia dió un gran paso hácia su desarrollo, y la fisica le fué deudora de algunas teorías de la mayor importancia, que han servido de fundamento para descubrimientos ulteriores. Kant en el siglo XVIII se consagró á buscar la manera fácil y sencilla de comprender la marcha del entendimiento humano, y partiendo del polo opuesto á Locke y Condillac, establece el idealismo, parándose como asustado cuando se atreve á penetrar en el escabroso terreno de las ciencias fisico-químicas.

Desde esta época la fisica marcha ya en pasos seguros y meditados, por el camino de la observacion y de la esperiencia; mirando, digámoslo así, con ojos desdeñosos, esa fraseologia incomprensible que agita desde remotos tiempos á los sabios mas distinguidos de todas las épocas y naciones sobre el origen de las ideas; solo busca observaciones exactas, medios directos para interrogar á la naturaleza, descubrimientos importantes que la conduzcan al conocimiento de una nueva ley, ó al desarrollo de un nuevo principio. Los grandes y admirables adelantos debidos á Newton, abren una brillante carrera á los fisicos y naturalistas, quienes se entregan con ahínco á estudiar las diversas partes de la fisica, inventando cada dia nuevas máquinas para patentizar las leyes de la naturaleza.

Ya no se detienen en vanas ilusiones, ni pierden un tiempo precioso que jamás ha de volver, en saber si los órdenes y los tipos que resultan de una clasificacion tienen la existencia real en el mundo esterno, ó si son simples reflejos de la inteligencia humana que tiende sin cesar á la unidad de las cosas. Esta es la misma cuestion que la filosofia viene agitando de veinte siglos á esta parte: esta es la lucha que en la antigüedad sostuvo Platon y Aristóteles, la misma que en la edad media acaudilló á los filósofos bajo el nombre de realismo y nominalismo, y que despues y aun en nuestros dias forma esas dos escuelas llamadas espiritualista y sensualista.

LXII

Desde el siglo diez y siete los trabajos de los físicos se habian hasta cierto punto emancipado de los de la filosofía, y si alguno mezclaba sus doctrinas con los principios de esas escuelas filosóficas que estan militando desde remotos tiempos bajo nombres diferentes, se debe á un impulso propio de la época, mas bien que á una conviccion racional.

Gilbert, Otto de Guericke, Newton y otros genios del siglo diez y siete, dan un gran impulso á los trabajos acerca de la electricidad, y adelantan de un modo prodigioso tan importante estudio. Se construye la primera máquina eléctrica, se indagan algunos principios debidos á la electricidad estática, se sabe que la atraccion de este fluido se trasmite al través del vidrio, y se sienta ya una hipótesis para explicar la produccion del fluido en cuestion, haciéndole provenir de un principio etéreo puesto en movimiento por la vibracion de las partículas del cuerpo frotado. Siguiendo con paso firme el camino trazado por el Canciller Bacon, aprovechan los tres grandes medios; á saber, la observacion, la esperiencia y el cálculo. La relojeria y las fábricas de instrumentos físicos, ópticos y astronómicos hacen rápidos progresos; así es que á la prensa hidráulica de Pascal, se ven las aplicaciones del péndulo por Huyghens, y Lahire determina la forma de las ruedas dentadas; Hook da á conocer el muelle espiral, el marqués de Worscester concibe la aplicacion de la máquina de vapor inventada por Blasco de Garay, Papin descubre su olla de alta presion y Normann nos manifiesta la inclinacion de la aguja imantada.

El impulso dado á la fisica sigue su rápido desarrollo. Malebranche compara la luz con el sonido, y para explicar la propagacion de este fluido, sustituye á los glóbulos de Descartes, pequeños torbellinos, de materia sutil. El mismo Huyghens introduce en la ciencia el sistema de las ondulaciones, que funda sobre principios matemáticos; Hømberg, Lemery, Sgrave-sande y sobre todo Boerhaave, dicen que el fuego es un cuerpo *sui géneris*; pero Bacon, Boyle y Newton emiten una opinion contraria, estableciendo como axioma, que el calor es una propiedad que puede desarrollarse mecánicamente; Bernouilly introduce en la mecánica grandes adelantos; de suerte que todos los diversos ramos de la fisica se estudian con el mayor entusiasmo.

La invencion de la imprenta es el faro que difunde la luz sobre todas las generaciones presentes y futuras, y los progresos del

entendimiento humano se propagan con admirable rapidéz por todas las clases de la sociedad. La imprenta destruye y aniquila el monopolio de la ciencia, y apenas la Italia lanzó al mundo civilizado la primera gaceta, cuando rompió de una vez las cadenas que por tantos siglos habian aherrojado el poder del género civilizador. Las concepciones del filósofo son reproducidas con milagrosa velocidad, los descubrimientos y las nuevas invenciones se propagan como por encanto, y la ilustracion desciende del palacio del opulento magnate, al humilde taller del artesano. Jamás descubrimiento alguno ejerció mas influencia sobre la sociedad entera, que la feliz invencion debida á Gutenberg.

El conocimiento de la imprenta fué sin disputa la primera causa que difundió las luces de la ciencias por todos los pueblos conocidos. Los descubrimientos que se hacian en Europa, se trasmitian sobre láminas á los sabios de los demás paises, y con igual velocidad sabíamos los adelantos que tenian lugar en las regiones mas apartadas de América.

Las investigaciones acerca del fluido eléctrico reciben en el siglo XVIII un gran impulso. Grey en 1727 divide los cuerpos en conductores y no conductores, y Dufay seis años despues distingue la electricidad que se desarrolla por la frotacion del vidrio, de aquella que se desprende por la frotacion de la resina, llamándolas *electricidad vitrea* á la primera, y *resinosa* á la segunda. La máquina eléctrica se mejora notablemente; se inventa la botella de Leyden, y por todas partes se anuncian nuevos y portentosos esperimentos. Muschenbrock, Cuneus y el mismo Dufay manifiestan la posibilidad de sacar grandes chispas del cuerpo humano, que pueden matar animales de pequeña talla.

Ocupados los fisicos en averiguar la causa que produce el trueno, indagando á la par el origen del rayo, y cuantas alteraciones se presentan en la atmósfera durante los dias tempestuosos, Franklin, que vivia en Filadelfia, sorprende á la naturaleza, y da á conocer uno de sus mas portentosos secretos. La Francia émula de la gloria del fisico americano, quiere que Dilibard sea el primero que diera á conocer la electricidad de la atmósfera. Por medio de una cometa de tela de seda, trasporta Franklin la electricidad de las altas regiones á la superficie de nuestro esferoide, y una chispa semejante á la que da el conductor cargado de una máquina eléctrica al acercarle una articulacion de la mano, se presenta ante el atrevido fisico. Fran-

LXIV

klin ya no duda, sabe que la electricidad atmosférica da origen al rayo, y que este debe considerarse como una chispa eléctrica. De Romas, en Francia, obtuvo chispas de diez piés de longitud por medio de barras levantadas suficientemente, y he aquí que los físicos convencidos con pruebas evidentes de la existencia de la electricidad atmosférica, intentan penetrar en los aires, y consiguen dirigir á su alvedrío el fluido que poco antes era el terror del mundo entero. Richman profesor de física de San Petersburgo, fué víctima de una chispa debida á la electricidad de la atmósfera.

La hidráulica y la hidrostática reunidas bajo una sola ciencia por Daniel Bernouilly con el nombre de *hidrodinámica*, hacen notables progresos. En 1737 Mongolfier inventa su ingenioso ariete, con que obtiene cerca de un 60 por 100 del efecto útil que representa el agua: potencia que no se consigue con la mejor combinacion de ruedas de cajones; Maclaurin nos da la teoria del movimiento de los fluidos, y D'Alembert publica un tratado acerca la hidrodinámica de estos cuerpos. Mariotte, Caux, Gaspas Escoto, Bellidor y Chales han contribuido con sus descubrimientos especiales á engrandecer esta parte importante de la física. El estudio del aire es objeto de serias reflexiones: sabido por Galileo que es pesado, y demostrada por Torricelli y Perrier la presion atmosférica, se trata ya de indagar su influencia sobre el cuerpo humano, y la causa productora de ciertas enfermedades epidémicas. Sydenham nos habla del temperamento del aire, Clifton revela la historia de las enfermedades epidémicas fundadas en aquel temperamento, y Juan Arbuthnot publica un tratado sobre los efectos del aire, que Boyer traduce al francés. Muschenbrook, Boyle, Juan Rey y Acosta sospechan ya la simplicidad del aire atmosférico, y Vam Helmont indica que uno de los secretos mayores de la química, consiste en volatilizar la sal fija de tártaro por medio del aire.

Las disertaciones de Eulero, de Tour y de Bernouilly acerca del magnetismo presentadas á la Academia en 1746, ofrecen un campo vastísimo de curiosas observaciones sobre los efectos del imán, que se atribuyen á un fluido particular llamado fluido magnético. Kuight hácia 1943 perfecciona notablemente los métodos de imantacion, Duhamel eleva estos procedimientos á un alto grado de exactitud, OEpinus se sirve de barras fijas, y Halley esplica la declinacion de la brújula suponiendo en el centro de la tierra un poderoso iman.

La óptica y el calor tambien reciben notables mejoras. Con efecto, mientras Bradley por los años de 1728 probaba hasta la evidencia el movimiento de la luz, Jacquet y Juan obispo de Cantorbery, hacian útiles aplicaciones de las leyes de la óptica á la perspectiva. La dióptrica queda puesta fuera de duda por Guineé con la solucion de un problema general que abraza las principales cuestiones, y Smith dá á luz en 1738 un tratado de óptica que puede considerarse como la obra mas completa que hasta aquellos dias se hubiese publicado. Jacquet siguiendo las huellas de Gregory, Fabri y Barrow, presta importantes servicios á la fisica, porque contribuye á fijar las leyes de la reflexion de la luz.

El termómetro indicado por Galileo y Drebbel, perfeccionado por los académicos de Florencia y llevado á su mayor desarrollo, por Farenheit, Réaumur y Delisle, pasa á ser un instrumento de alta importancia, á fin de dar á conocer las temperaturas; Ricmann enseña una fórmula sencilla para hallar las capacidades por el sistema de las mezclas; Cullen nos habla de la sutileza de que está dotada la materia ígnea, y Baumé dá á conocer la evaporacion. Bourquet cree que el fuego subterráneo consume nuestro globo, S' Gravessande nos enseña la dilatacion, y Turnefort, Homberg, Ruelle, Hoffman y otros célebres químicos con sus aplicaciones é investigaciones, sobre el calor y el flogístico, arriman tambien abundantes materiales á la fisica moderna.

Seria impropio de mi objeto presentar un minucioso exámen de los adelantos que por todas partes se hacian para llevar la fisica á su mayor grado de perfeccion. Sin embargo, no debemos dejar desapercibidos aquellos trabajos que han conducido á grandes descubrimientos, consignando los nombres de los célebres profesores que tanto han contribuido á elevarla como una de las ciencias mas necesarias al hombre social.

Hácia 1755, Wilke y OEpinus se entregaron con entusiasmo al estudio de la electricidad disimulada; Beccaria y Volta hicieron curiosas observaciones acerca el cuadro mágico, y el mismo OEpinus dió á conocer varias propiedades de la turmalina, que Canton sujetó á leyes fisicas. Franklin indica en 1764 que la electricidad puede obrar como un agente químico de gran importancia; idea que Priestley dá tambien á conocer, manifestando la posibilidad de enrojecer los colores azules vegetales por medio del fluido eléctrico.

El abate Nollet hace el experimento de Leyden con 200 hom-

LXVI

bres; Jallabert indica la utilidad de este fluido para la curacion de ciertas enfermedades, y muchos medicos se apresuran á publicar varios tratados llamados de *eléctricidad animal*. Nollet, Henley y Lane inventan sus diversos electrómetros; Beccaria asegura que por una descarga eléctrica se puede fundir el vidrio y otros cuerpos; se descomponen ciertos compuestos á base metálica, y Volta no contento con haber dado á la ciencia el electróforo y el electrómetro condensador, tiene la feliz idea de inflamar una mezcla de oxígeno é hidrógeno en el *endiómetro*, por la influencia de una chispa eléctrica. Coulomb inventa la balanza de torsion por medio de la cual se hacen importantes descubrimientos, y un detenido estudio acerca de este fluido le hace conocer, que la electricidad está retenida en la superficie de los cuerpos segun habia indicado Beccaria; Charles encierra el gas hidrógeno en una cubierta apropiada, y lleno de esperanza y porvenir se lanza en las regiones atmosféricas; Amontons, Brisson, Sigaud de la Font coordinan los principios de la ciencia para dar á luz varios tratados de física de la mayor importancia.

Desde luego los físicos animados del deseo de sujetar á principios científicos tantos y tan complicados descubrimientos, inventan varias teorías para dar á conocer los fenómenos eléctricos. Dufay admite que los cuerpos electrizados se hallan rodeados de un torbellino que se estiende mas ó menos lejos, por medio del cual esplica no solo las atracciones y repulsiones eléctricas, si que tambien cuantos fenómenos se presentan con este fluido. Nollet establece una nueva teoría para dar á conocer los efectos de la electricidad, por la que pretende que todo cuerpo electrizado, despide en todas direcciones rayos de materia eléctrica, al paso que recibe cierta cantidad de fluido que le llega de otras partes, cuyas corrientes van en direcciones contrarias, ejercen sus movimientos á un mismo tiempo, siendo una de ellas mas fuerte que la otra. Jallabert, para generalizar su pretendido sistema, supone que el universo se halla provisto de un fluido sutil, muy elástico, que llena todos los poros de los cuerpos aun los de aquellos que son muy pesados, y que la densidad de este fluido no es una misma en todos ellos, siendo mayor en el cuerpo ligero, y menor cuando la sustancia es pesada. Franklin establece tres principios fundamentales, de donde hace emanar su teoria; la materia eléctrica, dice este fisico, está compuesta de particulas en extremo sutiles; pero esta ma-

teria difiere de la comun, porque mientras la una se atrae mutuamente, aquella se repele; sin embargo de que cualquier clase de materia tiene la propiedad de atraer fuertemente á la electricidad. Roberto Symmer dirige su atencion acerca los fenómenos que no pueden esplicarse por los principios de Franklin, y establece nuevas bases para dar á conocer una teoría mas completa, que pueda abrazar todo el estudio de la electricidad. Finalmente, OEpinus queriendo tambien fundar una teoría eléctrica y tomando por base la de Franklin, dice, que las moléculas de la materia eléctrica se repelen entre si, aun cuando se hallen á grandes distancias; pero que estas moléculas del fluido imponderado son atraídas por todos los cuerpos conocidos. He aquí como los físicos pretendian sistematizar los fenómenos que provenian del estudio de la electricidad estática.

Mientras los físicos estaban ocupados en fundar una teoría bastante satisfactoria, para esplicar la série de fenómenos que se obtenian por medio de la electricidad, Sulzer hácia 1767, indica que con dos láminas metálicas, una de zinc y otra de plata, se puede conseguir una sensacion luminosa parecida á una ráfaga eléctrica. El experimento de este físico queda sepultado en el olvido, hasta que Galvani médico y profesor de anatomía en la universidad de Bolonia en 1789, dá á conocer un fenómeno particular, cuyas consecuencias han sido de la mayor importancia para las ciencias fisico-naturales. Habiendo suspendido un garfio de cobre que tenia varias ranas que acababa de preparar para sus esperiencias, en un balcon de hierro, vió que á pesar de estar las ranas desolladas, presentaron sensibles conmociones; observó tambien que el gancho de cobre pasaba por el nervio diafragmático y la columna dorsal.

Dotado Galvani de espíritu profundo al par que animado por su genio investigador, vió en este fenómeno un nuevo principio y de él hizo derivar esta parte fecunda de la física, conocida con el nombre de galvanismo. Reconoció al mismo tiempo que las convulsiones que experimentaban las ranas no eran permanentes; pues para que sus miembros se agitasen, era indispensable que el viento ú otra circunstancia accidental, pusiese en contacto sus músculos con la barra de hierro, de la cual se hallaba suspendido el gancho de cobre.

Estudiado este hecho con toda estension, y establecido su tipo fundamental, pudo Galvani abrir una nueva carrera científica, la cual distinguia las conmociones que se manifiestan en

LXVIII

varios insectos, reptiles y pescados, despues de estar por algun tiempo privados de vida. Las conmociones de la rana, dijo Galvani, son producidas por un fluido que pasa de los nervios á los músculos, por medio de la comunicacion exterior establecida entre sí; que reside en los nervios, atraviesa el arco conductor, esto es, el gancho de cobre y la barra de hierro, y despues de un instante de contacto, se precipita sobre los músculos y los contrae como lo haria una descarga eléctrica.

Esta seductora esplicacion fué aceptada con entusiasmo, y el nuevo fluido se llamó *fluido galvánico* en honor á su autor.

Semejante descubrimiento llamó la atencion de toda la Europa, y de pronto se vieron repetir tan importantes experimentos por los fisicos de mas nota de Alemania, Francia, Inglaterra, España é Italia. Unos dijeron que los cuerpos animados estaban dotados de un fluido particular; otros pensaron que semejantes fenómenos eran debidos á un principio de vida, y no faltó quien afirmase á la faz del orbe científico, que existia una verdadera analogia entre el fluido eléctrico y el fluido descubierto por Galvani. Estos demostraron que las ranas experimentaban igual conmocion, cuando se esponian á la influencia de la chispa eléctrica, y añadian, que si la comunicacion establecida entre los nervios y los músculos se efectuaba con un cuerpo mal conductor de la electricidad, no se experimentaba conmocion alguna. Se presentaron varias cuestiones sostenidas por Galvani y sus discípulos, contra los defensores de la opinion contraria; los primeros decian que una analogia no es una identidad, y á pesar de que el nuevo fluido no ballaba paso libre al través del cristal y de la resina, era un fluido diferente de los que se desenvuelven en el reino inorgánico, y podia considerarse como un fluido vital. No obstante, los contrarios estaban bien lejos de persuadirse, que un hecho comun entre dos causas puede establecer una identidad; pero pedian, no sin fundado motivo, que se presentase un nuevo fenómeno galvánico que no pudiera ser ejecutado con la electricidad.

Se establecieron varias hipótesis mas ó menos satisfactorias, admitiendo consideraciones infundadas, datos inciertos, para esplicar por el nuevo fluido las funciones vitales y los misterios de la organizacion; hasta que presentándose de repente el célebre Volta, profesor de fisica en la universidad de Pavia, hombre eminente, conocido ya por sus importantes trabajos y descubrimientos acerca de la electricidad, quien con una sagaci-

dad incomprensible repite los experimentos de Galvani y sus discípulos, modifica sus hipótesis, demuestra como las conmociones aumentan cuando el conductor es de dos metales diferentes, y con su genio profundo hace el siguiente raciocinio; no cabe la menor duda, dice Volta, que en este experimento se pone en juego un fluido; pero la rana no es una botella de Leyden: el fluido que la agita no reside en los músculos, ni tampoco existe en los nervios, está en los metales y se desenvuelve por el contacto; de donde deduce, que este fluido no es otro que el fluido eléctrico comun.

Semejante idea del todo opuesta á los conocimientos que sobre este cuerpo tenian en aquella época, no pudo ser admitida sin encontrar una fuerte oposicion. Así es que los partidarios de Galvani decian, que el objeto de los metales era establecer una comunicacion mas completa entre los músculos y los nervios, ofreciendo al propio tiempo un paso mas libre al nuevo fluido. Contestaba Volta á estas objeciones manifestando que el efecto producido por un solo metal era insensible; pero Galvani sin negar la realidad de los dos metales, espone en apoyo de su opinion, que un solo metal es suficiente para hacer que las ranas experimenten repetidas y fuertes conmociones. En efecto, una rana acabada de preparar y puesta sobre un baño de mercurio tiene sensibles palpitaciones; lo mismo que si se tocan á la vez con el plomo purificado los nervios y los músculos. Volta estaba muy lejos de desaprobare semejantes hechos; al contrario él mismo los anunciaba, y decia que si con algun otro metal se frotaba cualquiera de las estremidades, la accion era mucho mas enérgica.

Las partes imperceptibles adheridas por el frote, son suficientes para darle una heterogeneidad perfecta; y por otra parte, si la naturaleza ó el arte dan á algun metal una completa pureza, basta el contacto de este con los músculos ó con los nervios para que haya electricidad producida, porque son cuerpos heterogéneos y obran al punto de contacto; y por último, que las sustancias propias de los músculos y de los nervios son bastante diferentes entre sí, para que poniéndose en contacto haya un desprendimiento de electricidad, y por consiguiente una sensible conmocion.

El infatigable Volta para apoyar su opinion, imagina un ingenioso instrumento fundado en el contacto de dos metales de distinta naturaleza, y en 1800 presenta á la ciencia la *pila eléctrica*

que lleva su nombre, y ha sido una nueva palanca añadida á los esfuerzos del génio. Desde este instante queda resuelta la cuestion entre Galvani y Volta, y los físicos todos se entregan al estudio de ese agente universal. Napoleon á la sazón primer cónsul, ofrece varios premios de interés para aquellos que hagan adelantar el estudio de la electricidad y del galvanismo, como lo han hecho Franklin y Volta; y he aquí puestos en juego los dos grandes móviles del corazón humano, el honor y el interés.

Nicholson y Carlisle comienzan por dar á conocer la descomposicion del agua, bajo el influjo de una corriente galvánica; Berzelius tambien descompone por su parte varios cuerpos, y desde luego establece las bases de la teoría química dualista; Thénard y Hachette enrojecen los hilos metálicos que sirven para la comunicacion de los dos reóforos de la pila, y por fin Wollaston acaba de destruir la teoría de Galvani, presentando por medio de la electricidad dinámica, ó del fluido que se desprende en una pila, todos los fenómenos de la electricidad estática. He aquí pues, otra época de la física en la que los descubrimientos se suceden sin interrupcion, y los profesores de todos los países se consagran á estudiar los efectos de este nuevo aparato.

Mientras Berzelius, ayudado de Hisinger, descompone las sales metálicas, Brugnatelli coagula la sangre en el polo positivo, Carbonell, Vassali Eandi y Rossi dan á conocer los efectos galvánicos sobre el corazón y las arterias, y Aldino en los cadáveres de los decapitados.

Grotthus ensaya esplicar científicamente los efectos de la pila; se anuncia la descomposicion del amoniaco y de otras muchas sales por Berzelius; y Humphry Davy publica uno de los trabajos mas importantes que hayan tenido lugar en los fastos de las ciencias; tal fué el descubrimiento de los metales *potassium* y *sodium*: descubrimiento por el cual la academia francesa le adjudicó un premio de 50,000 francos.

Todos los dias se anuncian nuevos aparatos, que son otras tantas pilas, las cuales puestas en mano de sus autores, se transforman en ingeniosos medios para adelantar sus descubrimientos. En 1809, Deluc nos manifiesta una combinacion de pares voltáicos, cuyos efectos son de grande tension, Zamboni dá á conocer las *pilas secas*, y Wollaston introduce en las pilas de artesa una modificacion de la mayor utilidad.

Tan rápidos adelantos, tan maravillosos resultados, obtenidos por medio de la electricidad debida al contacto, sobre todos los cuerpos de la naturaleza, hizo entreveer á los químicos la posibilidad de esplicar todos los fenómenos que resultan de la accion mútua de los átomos, valiéndose de las fuerzas eléctricas. Ya Nollet habia indicado que la electricidad era un fuego elemental que producía el calor, la luz y las acciones magnéticas; pero estas indicaciones pasaron en aquella época desapercibidas. No obstante, el descubrimiento de la pila las sacaron del olvido, y Wilke y Ritter trataron de establecer esta doctrina, que dada á conocer por Winterle y por OErsted en varias memorias que se publicaron hácia 1799 y 1800, sirvieron de cimiento á Davy, y en 1818 á Berzelius para fundar la teoria *electro-química*. Teoría que todavía se halla en boga en todas las escuelas, á pesar del sistema unitario, y de la doctrina de los homólogos, etc. que algunos químicos han tratado de introducir en la ciencia en estos últimos años.

Tiempo habia ya trascurrido desde que los físicos mas eminentes se ocuparan de la accion de la electricidad sobre el magnetismo. Franklin, Beccaria, Wiltón y Caballo habian observado los fenómenos que tienen lugar cuando se descarga una botella de Leyden ó una batería sobre la aguja imantada: por este medio consiguieron modificar el fluido magnético de estos pequeños instrumentos, sujetándolos unas veces en el círculo de la explosion, ó esponiéndolas en otras á una corta distancia de la chispa. Bien pronto se convencieron que estos experimentos no ofrecian resultados concluyentes, se abandonaron, y al poco tiempo quedaron olvidados. Pero estudiadas mas tarde las acciones de la pila de Volta, los resultados no fueron mas felices, y á la verdad parecia que las leyes del electro-magnetismo querian escapar de la perspicacia de los sabios. Por último, OErsted en 1820 y 1821 guiado por importantes observaciones acerca de la esencia de los fluidos eléctricos, presenta á la ciencia el *electro-magnetismo*, cuya teoría matemática dá Ampère con esa sublimidad que tanto distingue á sus escritos; este mismo profesor, admitiendo que todos los átomos tienen una cantidad de electricidad que les es propia, y considerando en cada átomo una atmósfera de fluido de nombre contrario á la naturaleza de la electricidad que contiene, esplica del modo mas satisfactorio la composicion y descomposicion de los cuerpos bajo una corriente eléctrica.

LXXXII

En 1825 Seebeck presenta los fenómenos *termo-eléctricos*, y y Schweiger inventa el *galvanómetro* llamado también *multiplificador*; Ohm publica la teoría matemática sobre la pila hidro-eléctrica, y Davy para probar que el calor y la luz no son otra cosa que el resultado de las dos electricidades, construye una pila de dos mil pares, que tenía una superficie de 128000 pulgadas cuadradas, medida inglesa.

Galvani, en 1797, á pesar de sus dolencias, é impulsado por un ardiente entusiasmo á fin de sostener los principios que habia emitido, se traslada á las playas del Adriático para estudiar la anatomía del *torpedo*. Redi y Lorenzini aseguran que las conmociones del torpedo provienen de la electricidad animal; Geoffroy Saint-Hilaire manifiesta la identidad de los órganos eléctricos en varios pescados dotados de esta misma propiedad; Volta generaliza su sistema de contacto á dichos animales, y Humboldt, Bomplan y Gay-Lussac sientan como principio, que para que la conmocion tenga lugar es necesario que el animal haya sido escitado.

Arago en 1830 descubre el magnetismo por rotacion, de cuyos fenómenos el ilustre Faraday dá una explicacion satisfactoria basada en el electro-magnético, que tanto ha contribuido á adelantar con sus trabajos y descubrimientos. Ampère haciendo girar el iman sobre un eje, nos presenta los principales resultados de la pila, y por medio de ella todos los efectos que produce el magnetismo. Biot, Savart y Laplace adelantan con sus investigaciones tan importante estudio, y Novili modificando el galvanómetro, disminuye la accion magnética de la tierra, y ensancha el círculo de los conocimientos humanos. Las pilas termo-eléctricas de Novili y Melloni sirven para evaluar temperaturas muy bajas, apreciar la combustion lenta del fósforo, y para poner en evidencia las propiedades del calor radiante.

Thénard en 1819 indica que el platino puede descomponer el peróxido de hidrógeno; Doebereiner en 1825 demuestra que este metal en ciertas circunstancias inflama la mezcla de gas hidrógeno y oxígeno; y Dulong indica esta misma propiedad en otros metales, como el paladio y el iridio; Berzelius hace derivar de estos fenómenos la doctrina de una nueva fuerza, que distingue con el nombre de *fuerza catalítica*.

De la Rive, Poggonndorf, Vorselmann y Harris dan á la ciencia multitud de observaciones de un alto interés, que contribuyen á su mayor desarrollo y perfeccion; Becquérel en 1839 inventa

el *actinómetro electro-químico*, y Ohm siguiendo las huellas que han dejado trazadas para el estudio del calor Fourier, Laplace, Poisson y otros sabios, establece la teoría de la pila de Volta, para lo cual se apoya en sus principios fundamentales.

Jacoby profesor de física en San Petersburgo, es el primero que edifica los cimientos del *electro-tipo* y del *galvano plástico*, haciendo que el fluido galvánico traspase los límites del gabinete del físico para buscar un nuevo y provechoso asilo en el taller del artesano. La invención de los telégrafos eléctricos introducidos por Wheatstone; el plateado y dorado por la electricidad debidos á Ruolz; la fuerza eléctrica empleada como fuerza electro-motriz; los telégrafos submarinos y tanta variedad de aplicaciones como se hacen del fluido de Volta, son el origen de la invención de multitud de pilas, entre las cuales merecen citarse las de Bécquerel, Daniel, Bunsen, Grove, Pfaff, etc. etc.

Los fenómenos de la fosforescencia que se notan en los mares australes, y la de ciertos insectos, se esplican en el día por medio de la electricidad; las auroras boreales, las trompas y otros efectos meteorológicos han llegado á ser patrimonio esclusivo de las teorías eléctricas; de suerte que cada día abanza el poder creador de este fluido universal, que ha prestado y prestará inmensos servicios á la física y á la química, y cuyos beneficios reporta la humanidad entera.

A la par que todos los físicos se entregan en nuestros días á la investigación de los fenómenos eléctricos, escudriñan tambien con admirable sagacidad cuanto tiene relacion con el magnetismo. Arago, Barlow, Nobili, Faraday y otros distinguidos profesores, se ocupan del magnetismo por rotacion, y Poisson nos da la teoría matemática de las acciones magnéticas. Se habla de la intensidad magnética del globo sobre diferentes puntos de la superficie, y desde Muschembrok á Saussure y Borda, hasta Gauss y Weber se anuncian diferentes al par que interesantes observaciones, llegando á trazar el ecuador magnético por los años de 1824. Las variaciones diurnas indicadas por Graham son estudiadas por Gay-Lussac y Biot en sus viajes aerostáticos, y mas tarde Hansteen saca de estas investigaciones consecuencias del mayor interés. Descubierto el ecuador magnético, se trazan ya las líneas llamadas *paralelos magnéticos*, por razon de su analogía con los paralelos terrestres; de suerte, que el estudio del magnetismo y de sus complicadas acciones sobre el planeta en que vivimos, ha seguido la marcha progresiva de desarrollo é incre-

mento que hemos bosquejado para la electricidad.

Las leyes á que se hallan espuestos los fluidos calórico y lumínico, eran tambien objeto de sérios estudios, y los fisicos emprendian complicados y difíciles esperimentos para demostrar la evidencia de sus doctrinas. La teoria de las emisiones desarrollada por Newton, es sustituida por la de las ondulaciones; Bouguer en 1760 introduce el fotómetro; Rumfort emplea en vez de este instrumento, las sombras que proyectan dos cuerpos opacos; Ritchie nos da á conocer otro fotómetro diferencial, y Arago y Fresnel aplican con rara inteligencia todos estos principios á la construccion de los faros. De aquí toman origen varios é importantes esperimentos para saber apreciar la luz solar, que Leslie asegura que guarda la relacion de 12,000 á 1, y deduce que el Sol ilumina doce mil veces mas que una bujía comun. Sin embargo, no conforme los fisicos con estos datos aparecen las observaciones de Bouguer y Wollaston, de donde se infiere, segun este último, que el Sol ilumina 800,000 mil veces mas que la luna.

Se estudian con la mayor exactitud las propiedades de los espejos, se dan á conocer los focos conjugados por reflexion, y se manifiestan las cáusticas por reflexion, indicadas por Barrow y esplicadas de un modo general por Malus. De semejante estudio proviene la invencion de varios instrumentos, como el goniómetro de Wollaston, y el helióstato perfeccionado por Gambey, y la ciencia se enriquece con ingeniosas teorías basadas siempre en la observacion y la esperiencia.

La dióptrica ó refraccion simple, recibe un nuevo impulso bajo el influjo de Biot y Arago; Dulong examina el poder refringente de los gases; Carnot en su *geometria de posicion*, contribuye á dar á conocer el centro óptico de un lente, y Monge explica de un modo claro y exacto el fenómeno del espejismo. La mecánica celeste hace notables adelantos por las investigaciones de Laplace; se practica el análisis y la sisesis de la luz blanca; el espectro solar se estudia por Fraünhofer, quien demuestra la presencia de multitud de rayas; Dollond hace que el acromatismo sea una verdad fisica, y despues del diasporámetro de Rochon para conocer el ángulo que debe tener un prisma á fin de acromatizarlo con otro de una sustancia dada, Chevreul introduce en la ciencia la nueva teoria de los colores. Las observaciones acerca de la descomposicion de la luz, reciben tambien notables mejoras de parte de Young, Brewster y Mayer. La

anatomía del ojo es asimismo objeto del estudio de los físicos; Pouillet, Choiselat y Fresnel examinan su constitucion interna; Lehot reforma la teoría de la vision, y se perfeccionan por Airy los anteojos comunes.

Los instrumentos de óptica se mejoran á medida que la ciencia hace sus conquistas, y Daquerre y Choiselat, despues de 30 años de estudio, consiguen fijar las imágenes de la cámara oscura, fundando de este modo la fotometria. Se inventa el microscópio de doble imagen por Rochon; se esplican del modo mas completo las leyes de la polarizacion que Biot estiende á la química orgánica, y se desenvuelve perfectamente la teoría de las ondulaciones, teoría que tuvo su cuna en las escuelas griegas, sacada del olvido por Descartes, aplicada despues para esplicar varios fenómenos por Huyghens y Eulero, y puesta al abrigo de toda objecion por los interesantes trabajos de Young y Fresnel. Este sistema admitido en el dia por todos los físicos para dar á conocer los fenómenos que nos ofrece el fluido luminoso¹, ha llegado á tal grado de perfeccion, que Cauchy ha determinado las leyes matemáticas de los movimientos vibratorios de un medio cualquiera. En vano se hubiera podido esplicar, siguiendo la teoría de las emisiones, el principio de las interferencias, dado á conocer por el infatigable Young, y desenvuelto científicamente por el célebre Fresnel.

Puede decirse que esta parte de la física ha llegado á su apogeo, porque todas su teorías presentan aquella exactitud propia de la verdad cuando se apoya en el raciocinio deducido de la esperiencia, y tienen la generalizacion indispensable siempre que se hallan bajo la egida de las matemáticas.

Otro tanto debemos decir, respecto al estudio del fluido calórico. La teoría de la dilatacion, ora tomada en el volumen de los sólidos, ora con relacion á una de sus aristas ó á la superficie, se esplica por medio del cálculo; se habla de la dilatacion aparente, y Dulong y Petit manifiestan sus importantes observaciones por lo que toca al termómetro: de este instrumento indicado por Galileo, descrito de un modo mas ó menos exacto por Bacon, Drebbel, Fludd y Sanctorius, perfeccionado por los académicos de Florencia, sujeto á principios por Celcio, Réaumur y Fahrenheit, y ultimamente llevado á un alto grado de perfeccion por Regnault, Bellani, Legrand y Desprez. Los pirómetros ó termómetros sólidos se generalizan á la metalúrgia, Leslie da á la ciencia su termómetro diferencial, y Rum-

ford el termoscópio : Dulong, Petit y Gay-Lussac examinan la dilatacion absoluta del mercurio y del cristal, empleando medios ingeniosos que les han conducido á una perfecta exactitud: se inventa por estos físicos el termómetro de peso ; Halstrom presenta sus investigaciones acerca la dilatacion del agua; Borda nos da un nuevo termómetro metálico; Ramsden compara las longitudes de dos barras, y Lavoisier y Laplace tambien se entregan al exámen de la dilatacion lineal; de suerte que desde 1775 hasta nuestros dias, el estudio de la dilatacion bajo todas sus fases, ha sido objeto de serias y minuciosas observaciones. De ellas ha dimanado el conocimiento de la ley que siguen los gases cuando se dilatan, debida á Gay-Lussac, á Dalton y á Dulong y Petit; la invencion del pirómetro de platino de Pouillet, la de los termómetros de aire, y del pirómetro con esta sustancia gaseiforme que el mismo Pouillet presenta á la censura de los físicos, y otra multitud de observaciones y descubrimientos entre los cuales la historia no puede dejar desapercibidos el termómetro de Breguet, el pirómetro de Borda, los péndulos compensadores debidos á Robert, etc. etc.

La teoría del calor radiante dada á conocer con alguna verdad por los trabajos de Rumford, se esplica por principios matemáticos; se examina la reflexion en el vacío; se indaga la velocidad de los rayos caloríficos ; se da á conocer la naturaleza de las superficies reflectantes , y las artes industriales y manufactureras sacan del descubrimiento de las leyes del calórico, útiles y provechosas aplicaciones. La propiedad radiante del calor respecto á los cuerpos líquidos y sólidos, ó lo que llaman los físicos la *trasparencia de los cuerpos para con el calor*, es examinada por Prevost y Delaroche, quienes fundan algunos principios, con los cuales la fisica hace nuevos progresos. Sin embargo, este estudio bajo el genio emprendedor y suspicaz de Melloni , hace notables progresos, y de sus estudios deduce una nueva teoría fisica para esplicar los efectos del calor, dividiendo los cuerpos en *diatermanos* y *atermanos*, segun que el calor radiante halla paso libre al través de la sustancia propia del cuerpo, ó bien cuando ésta se opone á dicha trasmision.

Las esperiencias hechas por Desprez, por Ingenhous y por Fourier respecto de la conductibilidad de los cuerpos para con el calor, son de grande importancia á fin de conocer mejor la teoría de este fluido imponderado, y de ellas se siguen útiles y benéficas aplicaciones al bien estar de la sociedad. Se exami-

nan así mismo por Dulong y Petit las leyes del frío, y con sus trabajos se aclara este punto interesante de la ciencia, demostrando que en vano se ha buscado un fluido frigorífico. Se comparan las cantidades de calor que los cuerpos necesitan para elevarse á la misma temperatura, y de ahí toma nacimiento la teoría de las capacidades caloríficas, y los diferentes medios para averiguarlas. Lavoisier y Laplace nos dan su calorímetro, Dulong y Petit su sistema de las mezclas, Meyer el método de enfriamiento, y otros físicos como Rumford, de la Roche, Marcet, de la Rive y Regnault presentan también una série de trabajos del mayor interés. Berard compara el calor específico de varios cuerpos con el del aire que toma por unidad, se estudia con la mayor escrupulosidad el cambio de estado de los cuerpos por el influjo del calor, se presentan medios para apreciar experimentalmente el calor latente, y despues de haber examinado las leyes que rigen á la formacion de los vapores y sus efectos mecánicos, Dalton, Dulong y Faraday nos dan su teoría física.

Arago y Dulong toman á su cargo el importante trabajo de examinar la teoría del vapor de agua, perfeccionando al propio tiempo el manómetro é imaginando aparatos mas ó menos complicados: Walt y Papin dan á la ciencia sus ollas de alta presión, y desde luego todos estos descubrimientos sirven á la industria para la aplicacion del vapor de agua como fuerza motriz, poniendo en práctica el descubrimiento que hizo Blasco de Garay en tiempo del emperador Carlos V.

En medio de tantos experimentos á cual mas importante como se publican por todas partes acerca el fluido calórico, Thylorier inventa un aparato para solidificar el ácido carbónico; se presentan varios medios para evitar las explosiones de las calderas de vapor, Boutigny nos hace conocer que la materia puede adquirir un nuevo estado que denomina *globular* ó *esferoidal*, presentando ante los sabios contemporáneos la solidificacion del agua en el foco de un horno de mufla bajo una temperatura que el ilustre físico ha evaluado á cien grados. Jamás la ciencia ha sido mas fecunda en útiles resultados; jamás se han presentado mayor número de interesantes observaciones, complicados experimentos y bien combinados aparatos, para demostrar, siguiendo el sendero de ilustracion que marca la observacion y la esperiencia, que de unos cincuenta años á esta parte. La higrometria, los efectos capilares, las leyes del sonido, el endós-

LXXVIII

mosis y exósmosis descubierto por Dutrochet en 1827, el barómetro aneróide, etc. etc. son otros tantos testimonios que prueban hasta la evidencia el grado de desarrollo y perfección que ha alcanzado la física en el siglo XIX. En vano declamarán los partidarios de la intuición mental diciendo que las ciencias naturales son empíricas y sensualistas; para aquellos espíritus mezquinos y apocados serán dos palabras que les llenarán de terror; pero los hombres instruidos mirarán con indiferente desdeñ esa frase retumbante de *empirismo* ó *sensualismo* con que se pretende rebajar la influencia de estas ciencias, sobre todos los ramos de la riqueza pública y el bien estar de la sociedad, no olvidando que para adelantar en las ciencias físicas se necesita gran perspicacia en los sentidos y un juicio recto y filosófico, á fin de observar bien los fenómenos del mundo esterno, conociendo de este modo algunos de los misterios de la naturaleza.

Los adelantos de las ciencias exactas, y el exclusivismo absoluto de las que enfáticamente se apropian el nombre de *razon pura*, ha llegado casi á romper el estrecho lazo que une y ha unido siempre á la ciencia del alma, de las ideas y de Dios, con el estudio de la naturaleza. Ciertos filósofos pretenden al parecer, olvidar, que el objeto de la *ciencia primera* es el de dirigir por buen camino á las demás; y esta elevada al par que augusta misión, se hace ilusoria desde el momento que falta la armonía entre ellas: uno de sus primeros deberes consiste en seguir paso á paso los progresos y adelantos debidos á los estudios de observación, para aprovecharse de sus fecundos resultados. Algunos naturalistas por otra parte, escrupulosos por demás, temen el contacto de la metafísica idealista, porque creen que su tendencia especulativa no puede reconciliarse con la experiencia y la sana observación; y basados en estos principios, para mí erróneos, proscriben á la psicología como un tegido de quimeras ó de suposiciones gratuitas, que carecen de pruebas evidentes y reales. Ambos extremos son altamente perjudiciales, y solo conducen á una lucha funesta siempre, para los verdaderos progresos de la razón. En el día nadie puede dudar que la filosofía de las ciencias positivas y experimentales es esencialmente *espiritualista*.

La filosofía idealista ha visto y verá con sentimiento que alguno de sus creyentes hayan osado invadir el terreno de la naturaleza para establecer una *série* de absurdos principios,

que han venido á demostrar la insuficiencia de sus sistemas. Hace como medio siglo que en Alemania Baader y Oker siguiendo las huellas de Schelling y del método de *construccion a priori*, han querido penetrar en el dominio de las ciencias naturales por medio de teorías fantásticas é ilusorias, cuyo origen se encuentra en los sistemas de Parménides, Pitágoras y Plotin. Estas hipótesis han hallado en Francia sus representantes, y F. Lamennais y Bautain han tenido la peregrina idea de adaptar al estado actual de las ciencias físicas, alguna de las extravagancias de Paracelso, Val-Helmout y Kronland.

Apenas la escuela de Kant hubo enseñado que todo lo que se halla fuera de nosotros, no tiene mas que un valor relativo respecto de nosotros mismos, y de las leyes de nuestra inteligencia; cuando á su manera hubo probado que legitimamente nada se puede afirmar acerca de la realidad exterior, las ciencias físicas fueron consideradas por los adeptos á semejante escuela, como un sistema de nociones metódicamente encadenadas; pero careciendo de objeto real fuera del espíritu que las concibiera: entonces se debió temer que esta doctrina aceptada en Alemania con ardoroso entusiasmo, y seguida aun con la mejor buena fe por filósofos noveles que apenas han saludado la aurora del estudio y de la meditacion, se debió temer, repito, que esta escuela postergara y aun destruyera el importante estudio basado en la observacion, y guiado por el raciocinio. Mas los mismos sectarios que tanto declamaban contra las ciencias naturales, se entregaban á su estudio como parte integrante del conocimiento del *yo*.

Atónitos los partidarios de Kant sobre la pendiente del escepticismo, donde bien á su pesar fueron impulsados por la voz augusta de la conciencia moral, que habia sustituido á la certeza del raciocinio, descendieron á el abismo de la duda, á fin de hallar un sendero filosófico que les condujera hácia la certeza objetiva. Fichte creyó haber encontrado tan suspirado camino como el áncora de salvacion, demostrando que el *yo* existe por sí mismo, que está basado en *si*, y que dentro de sí se halla el *no-yo* cuando se niega á *sí* mismo; de modo que la ciencia del *yo* y de sus actos era la ciencia absoluta y universal. Nótese desde luego, que semejante docmatismo negativo, es mas perjudicial para el estudio de la naturaleza, que el ideal escepticismo de Kant. Si en Alemania no se hubiera levantado otra escuela filosófica, es innegable que las ciencias naturales para

vivir, para seguir en su importante al par que sagrada mision, habrian roto abiertamente con la filosofía idealista contemporánea.

M. de Schelling para oscurecer á este panteismo subjetivo, á esta apoteosis del *yo* único y solitario, entroniza el panteismo objetivo de la *filosofía de la naturaleza*. Este distinguido filósofo enseña que por encima del *yo* individual, la intuicion inmediata nos revela el *yo* absoluto, del cual cada *yo* individual no es mas que una limitacion: en una palabra, el *yo* absoluto es la identidad del subjetivo y del objetivo, del pensamiento y de la estension. Schelling dice tambien, que este *yo* es la sustancia absoluta, cuya manifestacion y forma necesarias son el universo. De aquí deduce que la filosofía elevándose á la intuicion inmediata de lo absoluto, puede y debe construir *a priori* el sistema de las manifestaciones de ese absoluto cuya expresion es, con efecto, la enciclopédia de las ciencias.

Hegel para contestar al método de su maestro, ensaya el dar un rigor lógico al *sistema de la identidad*. Segun este autor, no es tan solo en lo absoluto donde se reunen y se identifican los contrarios, es en todos los grados de su *ser*; así es que afirma que el pensamiento es igual al *ser*, y su desarrollo no es otra cosa que la evolucion de la *idea*, la cual procede siempre por *tesis*, *antítesis*, y *síntesis*; es decir, por *afirmacion*, *contradiccion* y *solucion*. Las leyes de esta evolucion pueden obtenerse por medio de nuestra inteligencia, la que idéntica á la inteligencia absoluta, percibe las determinaciones necesarias de la *idea*, y constituye de este modo la lógica; de donde resulta la ciencia universal.

Aquí se ve que la idea absoluta, principio y sustancia de todo existencia, es á la vez el ser puro y la nada: he aquí una contradiccion que se nota desde luego en lo que *tiene que ser*, por lo que la *idea* se desarrolla segun sus leyes, ignorándose su existencia y negándose á la vez en la naturaleza; pero que se encuentra y se reconoce en el espíritu, para no llegar de este modo á la conciencia de sí misma si no en la humanidad. De esta suerte la ciencia propiamente dicha es *a priori*, y especialmente la *filosofía de la naturaleza*, la cual nos revela lo que existe en los seres de real, es decir, nos da á conocer las ideas, cuyas evoluciones se manifiestan por el conjunto de sus metamorfosis; pero de un modo propio y peculiar en sus detalles. Mas como la esperiencia por medio de los sentidos

nos enseña cuanto existe en los seres de individual, y las particularidades de su desarrollo, la filosofía natural concebida á la manera de Bacon, no es en realidad, segun este filósofo una filosofía científica; porque presenta multitud de ideas y detalles que la filosofía de la naturaleza no alcanza; pero que con arrogancia sabe desdeñar. Por otra parte las leyes empíricas, que siguiendo á Bacon son el fundamento para explicar los grandes fenómenos de la naturaleza, vienen á degenerar en mezquinos ingertos del entendimiento, y se consideran como simples *axiomas*.

En este sistema, la esposicion tiene su utilidad especial para conocer los detalles; pero por sus resultados generales se considera, segun Hegel, como la contraprueba de la filosofía de la naturaleza, que nada necesita de la observacion, nada pide á la esperiencia, y pretende, sin embargo, marchar constantemente de acuerdo con ella.

Valiente, y quizá mas que valiente, pudiéramos llamar osado, al sistema de *filosofía de la identidad absoluta*. Este sistema despues de haber puesto en su verdadero punto de vista sus últimas y contradictorias consecuencias, se disuelve en Alemania mismo, por efecto de sus grandes anomalías, y allí tambien se comienza á dudar del método que conduce inevitablemente á semejantes resultados. Siempre que se pretende usar del *método de construccion*, siempre que en materias filosóficas se le emplea como método principal ó esclusivo, bien porque se halle bajo la poderosa égida de una imaginacion brillante como la de Shelling, bien por que se escude con las formas de aparente rigorismo como en Hegel, este método está condenado por los principios *a posteriori*; porque sus consecuencias se hallarán en contradiccion con los resultados de la esperiencia, y con la conciencia del género humano. Del mismo modo se verá tambien estrañado de la filosofía *a priori*, como consecuencia necesaria de una sana y bien entendida lógica.

Parece imposible que semejante sistema filosófico haya imperado en Alemania de un modo casi universal, durante un espacio de tiempo bastante considerable; pero á pesar de su imperio no ha variado el rumbo que desde remotos tiempos sigue el estudio de la naturaleza. En las obras de Schelling, Baader, Oken y Hegel se nota, por poco que se reflexione, que su punto de partida, sus bases primordiales, se hallan en la esperiencia, aun cuando sus autores hacen alarde de gran talento y sa-

LXXXII

gacidad, cuando desnaturalizando sus principios vienen á amoldarlos á viva fuerza en el sello de sus fórmulas *a priori*; pero estos esfuerzos se inutilizan á cada paso ante la antorcha refundente de la sana observacion. El centro sobre que giran sus miras especulativas, consiste en descubrir en cada órden de fenómenos una *idea*, la cual trasformada en causa eficiente, adquiere el lugar que corresponde á las fuerzas motrices que conocemos por medio de la induccion: de este modo vuelven á la luz de la razon el aborto de las causas ocultas, bajo el retumbante nombre de *dinamismo*. Sin embargo, justo será decir, que donde la causas reales, con sus leyes primeras, escapan casi completamente de la perspicacia de los sentidos; donde solo es dable observar las leyes complejas y misteriosas que resultan de la combinacion de las leyes simples aun desconocidas, el *dinamismo* pudiera por otra parte aceptarse, si lejos de pretender avasallar á la esperiencia enunciándose como la *ciencia absoluta*, aspira solamente á contribuir con sus luces al descubrimiento de la verdad. Mas, bien lejos de esto, se desdeña de admitir los resultados mejor probados de la ciencia experimental; habla de la medicina, de la fisica y de la química dándoles el epíteto de *ciencias mecánicas*; pretende sustituir por medio de sus hipótesis y de sus metáforas, las incontestables teorías de la fisica matemática, negando hasta la evidenciancia, los hechos de que no es posible dudar, sino cuando se carece de sentido comun, ó cuando se halla bajo el poderoso influjo de un partido filosófico.

Con efecto, vemos á Goethe que con el mayor menosprecio ataca al genio profundo de Newton, y á su buena fé científica; sin pensar que el descubrimiento mas insignificante del fisico inglés, vale mas á los ojos de la humanidad, que toda esa fraseología oscura é incomprensible muchas veces, que ese conjunto de estravagancias que no han añadido un solo átomo al bien estar de la especie humana. Tiene Goethe la arrogancia de negar los colores que constituyen el *espectro solar*, que resulta de la descomposicion de la luz; experimento importantísimo que debemos á Newton, y que ha completado en nuestros dias el infatigable Melloni.

Goethe sienta como principio, que no existen otros colores simples que aquellos que no se pueden obtener por la mezcla de tintes diversamente colorados; es decir, cree que solo el rojo, el amarillo y el azul son colores simples, y sostiene que los co-

lores solo se deben distinguir por las sensaciones que producen en la retina. Y bueno será observar, aunque de paso, que el idealismo viene ufano á fraternizar con el sensualismo mas grosero. Hegel trata á Newton con mas rigor que su compañero: para este filósofo, en la manifestacion de la *idea* debe hallarse la *tesis*, la *antítesis* y *síntesis*. La tesis es la luz pura, la antítesis es la oscuridad y la síntesis es la luz efectiva, es decir, el *color* que proviene de la combinacion de la luz con la oscuridad.

Antes que Goethe, Schelling apoyado en el principio de la *dualidad*, decia que la luz resultaba de dos sustancias, una positiva llamada *éter*, y otra negativa, el *oxígeno*; y que de las diferentes proporciones de estos cuerpos dependia la variedad en los matices y tonos de los colores. Poco tiempo despues este mismo filósofo invadiendo el terreno de la química, espinoso para los filósofos idealistas, decia lleno de candor, que la materia terrestre estaba formada por dos principios que no era dable descomponer: el uno negativo era el *flogístico*, principio de las cualidades y de las formas; y el otro positivo opuesto al primero era el *oxígeno*, el cual habia salido de la esfera solar. El calórico como agente positivo, era el enemigo capital de toda forma determinada, y ejerciendo su poderosa influencia sobre el flogístico le obligaba á adquirir las formas sucesivas; y que el mismo calórico se hallaba escitado por la luz, que es mas positiva aun que el oxígeno, y como él nos viene tambien del Sol. De aqui se deduce que la luz es la fuerza productora por excelencia. Algunos años despues, este mismo filósofo, M. Schelling, decia que *la luz era un principio puramente ideal existente en acto*, que era identica en su esencia, y por lo tanto el espectro descubierto por Newton, una mera ilusion óptica. La luz era, segun él, la *segunda potencia* de la identidad absoluta, el organismo la *tercera potencia*, el cual está formado por la vida universal, que es la *cópula* de los dos principios de la materia, es decir, de la luz y de la *pesantez*: etc. etc. Parece imposible que un hombre de talento, que durante muchos años se ha consagrado al estudio y á la meditacion, pueda zurcir mas estravagancias con menos palabras. Por esto Link en su excelente obra sobre el *mundo primitivo*, no pudiendo concebir como la luz sea una de las primeras y mas indispensables condiciones de la vida fisiológica, pregunta en medio de un acceso de especulacion trascendental, si la luz no será para Schelling *una expansion de ideas enlazadas entre si*.

El mismo F. Lamennais queriendo quizá aumentar su nombradía por medio de estos principios tan erróneos, y siguiendo el mismo camino que algunos filósofos alemanes, llama inocentemente *descubrimiento*, al considerar que la *luz es el fluido de la forma*, la *electricidad el de la fuerza* y el *calórico el de la vida*: cree que la luz contiene el germen de todos los seres y produce todas las formas, porque por su mediacion vemos y observamos á los cuerpos. Se necesita en verdad mucha candidez para asentar semejantes principios en un sistema de filosofía.

Curioso es por cierto ver como esplican estos sabios la ley de la atraccion universal. Nada mas sencillo para ellos: forjaos allá en vuestra mente un sistema del mundo segun los principios *a priori*, y toda vez que hayais concebido un sistema planetario, claro está que le conoceréis perfectamente, como conoce un arquitecto el edificio que se propone construir. Poco importa que vuestro pensamiento sea una quimera; vuestro mundo ideal adquiere, siguiendo las huellas de la filosofía que bosquejó, una realidad evidente, es una realidad positiva. En vano declamarán los Gassendi, los Galileos, los Newtones, los Herschel, los Arago, sobre las leyes que dirigen el verdadero mundo, descubiertas con teson y con afan despues de repetidos siglos y de complicadas observaciones; contestadles que lo que ellos estudian es un *ser fenomenal*, objeto de un *empirismo vulgar*, que vuestra privilegiada y superior razon no puede admitir como producto de la esperiencia, puesto que solo á vuestra fantasía le plugo concebir un mundo á su antojo.

Y no creais que esto sea una paradoja: en 1799 Schelling construyó su mundo particular, donde el Sol no egercia atraccion de ninguna especie sobre los demás planetas; pero luego la influencia solar obrando sobre cada planeta producía la atraccion recíproca entre las moléculas de que se compone; la accion de este cuerpo celeste superior al Sol y á los planetas, daba las atracciones reciprocas de estos cuerpos; la atraccion recíproca del Sol y de este cuerpo superior enjendraba la influencia de otro cuerpo de mas elevada gerarquía; de suerte que siguiendo de este modo se remontaba dicho filósofo hasta el infinito. Segun esta doctrina, á la verdad muy original, se establece una gerarquía de influencias, donde la atraccion recíproca de dos cuerpos, es la consecuencia de la influencia que ejerce otro tercero, el cual es superior á los dos. De ahí se deduce naturalmente, que dos cuerpos colocados en convenien-

te disposicion, no pueden atraerse mutuamente. Segun esta teoria, cada sistema planetario consta de tres cuerpos, y su autor al referirse al sistema á que pertenece la tierra que le sustenta, hace notar, *qué si tiene mayor número de planetas, es por un accidente especial*. Así raciocinaba uno de los hombres mas grandes que ostenta la filosofia idealista.

M. F. Lamennais siguiendo tambien el desarrollo que en Alemania adquiria esa filosofia sublimada, cuyos principios analizamos aunque con grandes rasgos, de la cual era uno de los discipulos mas sobresalientes, ha dado como era natural, su pincelada maestra para esplicar el sistema del mundo. Siendo para él la electricidad el fluido de la fuerza, la comunicacion del movimiento por impulsión no era mas que una comunicacion de electricidad; pero donde este filósofo racionalista parece que pierde hasta la razon de que hace alarde, es cuando demuestra que la atracción es debida al fluido de la vida, es decir, *al calórico* que nosotros profanos á la filosofia de M. Lamennais, consideramos como un *fluido de repulsion*. ¿Qué importa para este autor, que el eje magnético difiera del eje polar? Para él el movimiento de rotación se debe á la electricidad, que mientras obra como agente de impulsión, le llama magnetismo. Esta diferencia entre los dos ejes, dice el filósofo francés lleno de magestad, son pequeños detalles del mundo fenomenal imperceptibles á la vista del filósofo.

Los adelantos de la astronomía se miran con desden por semejantes sabios; porque unos como Oken para esplicar el por qué el Sol ocupa uno de los focos de la elipse que describe cada planeta cuando gira á su alrededor, contesta que todas las cosas giran al derredor del absoluto. Entonces, para qué la atracción newtoniana? para qué la mecánica celeste de la Laplace? para qué los descubrimientos de Arago y Herschel?

Sin embargo, los naturalistas en Alemania mismo han seguido paso á paso las huellas de los descubrimientos de las ciencias de observación; la ruta trazada por Galileo, Bacon y Newton ha guiado á profesores eminentes, que al través de tanta palabrería inútil han arrimado abundantes materiales para el suntuoso templo que las ciencias elevan al génio del siglo diez y nueve. A los estudios fisiológicos de Gœrres, Baader, Oken, Schubert y Carus basados todos sobre la hipótesis de la filosofía de la naturaleza, aparecen radiantes y llenos de solidéz los trabajos de Blumenbach, Auteurieth, Tiedemann, Muller, Ehren-

LXXXVI

berg, Schleiden y otros aventajados naturalistas. Kant encuentra un Berzelius que deshace piedra por piedra su escuela dinamista; Oken y Schelling son detenidos en su ruta por Muller, Liebig y su discípulo Gierarht, y después de mil vaivenes y de amargos desengaños, la victoria se declara á favor del estudio experimental cuando se ve guiado por la sana razon.

El idealismo trascendental pretendiendo hermanar á la observacion con las formas biológicas siguiendo el método *á priori*, es combatido por Esteban Geoffroy Saint-Hilaire, quien ayudado de Jorge Cuvier, han sabido sostener los derechos legítimos del raciocinio y de la síntesis en la ciencia de la naturaleza.

Burdach en una obra que dejó incompleta sobre la *filosofía experimental*, dice que la especulacion fecunda el empirismo y vivifica los tesoros que la observacion ha adquirido. Nada mas cierto si la teoria estuviese conforme con los principios de la razon pura; pero sucede con frecuencia que la imaginacion pretendiendo remontarse, se estravía por el campo de las hipótesis. El mismo Burdach nos da de ello una verdadera idea, cuando trata de dar á conocer la formacion de los infusorios. Este filósofo dice, el rocío formado de agua, en la que la relacion simpática entre la tierra y la atmósfera se representa con mayor fuerza, es tambien la que mejor conviene á la generacion espontánea: esto á la verdad equivale á no decir nada. Un naturalista, es decir, un *mecánico* como ellos los llaman, estudiaria las propiedades del agua, su estado eléctrico y termométrico, las sustancias que tiene en disolucion, aquellas de donde se ha recogido, y buscaria en este conjunto de circunstancias la causa por la que toman nacimiento los infusorios. No obstante, la obra de Burdach por desgracia imcompleta, es un libro de mérito, por que contiene observaciones y teorías del mayor interés.

En medio de opiniones tan originales la *filosofía de la identidad absoluta*, ha prestado á la fisiología alemana un servicio importante, porque bajo su influjo se han discutido varios principios admitidos como evidentes. Estas discusiones despojadas del idealismo refinado y del panteísmo absoluto, han preparado los importantes descubrimientos que la ciencia debe á Saint-Hilaire y su discípulo Dugés. La filosofía alemana, si bien al invadir la naturaleza se ha precipitado en un caos, ha prestado eminentes servicios cuando radiante en su verdadero terreno, ha aniquilado y destruido esa filosofía, no sensualista porque el sensualismo no es mas que un método para buscar la verdad;

pero si esa filosofía herética, que bastardeando los principios de la experiencia, ha pretendido derribar la fé y la conciencia moral, para sumir á la sociedad en un caos tenebroso: entonces la escuela elemana es sublime, es grande, ha desempeñado una alta y augusta mision, y merece bien del género humano.

Sí; las fórmulas idealistas pasarán como un meteoro luminoso, pero quedará un monumento indestructible; el haber combatido el error para que resplandezca la fé del creyente: las fórmulas idealistas, repito, pasarán como una aureola fosfórica, y las ciencias físico-químicas conservarán sus descubrimientos y sus observaciones, para contribuir al bien estar de la humanidad.

Granada 30 de diciembre de 1851.

Francisco de B. Montelli
Hndol.

pero si con filosofías breves, que resumieran los principios de la especulación, las gentes pudieran llegar a la comprensión de la importancia de la filosofía en la vida humana, entonces la filosofía sería una ciencia más útil y necesaria, y no una ciencia abstracta y ociosa, como se la considera hoy.

Si las filosofías breves, que resumieran los principios de la especulación, las gentes pudieran llegar a la comprensión de la importancia de la filosofía en la vida humana, entonces la filosofía sería una ciencia más útil y necesaria, y no una ciencia abstracta y ociosa, como se la considera hoy.

Orlando 20 de diciembre de 1871.

Don Juan de Dios.

Querido.

CURSO

DE FÍSICA EXPERIMENTAL

y

Algunas nociones de química.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS CUERPOS.

LECCION I.

Consideraciones generales acerca de la física, sus relaciones con las demás ciencias; importancia de sus aplicaciones, y esposicion de los medios empleados en diferentes tiempos para adelantar en su estudio.

1. La física considerada bajo el punto de vista general, abraza el estudio de la *materia*, y por consiguiente comprende los diferentes ramos que se conocen con el nombre de *ciencias naturales*; pero como la materia presenta dos modos de existir, de ahí la necesidad de dividir en dos grandes clases los *seres materiales*, que constituyen el planeta en que vivimos. Unos que nacen de seres semejantes, permanecen sobre la tierra un tiempo limitado, y otros que no pueden reproducirse, se forman de seres desemejantes, y su existencia se pierde en la oscuridad del tiempo y del espacio: los primeros se llaman *seres orgánicos*, y los segundos llevan el nombre de *seres inorgánicos*.

Esta clasificacion de los seres materiales, divide natural-

mente la física en *orgánica* é *inorgánica*, segun las *fuerzas* que trata de dar á conocer, y los *fenómenos* que pretende describir. La *física orgánica* abraza la *zoología* y la *botánica*, que se ocupan de clasificar los seres dotados de organizacion; la *anatomía* que sirve para describirlos y compararlos entre si; y la *fisiología* que penetra en las funciones del organismo para estudiar las reglas segun las cuales los seres vivientes nacen, se organizan, se desarrollan y perecen.

La *física inorgánica* subdividida tambien segun las *causas* y las *fuerzas* que inspecciona, comprende la *geología*, y la *mineralogía*, la *química* y la *física* propiamente dicha. La *geología* y la *mineralogía* se ocupan de clasificar los cuerpos brutos que constituyen la tierra en que vivimos; la *química* los descompone para buscar las sustancias simples que contienen, y las leyes que rigen á sus combinaciones, es por decirlo asi, la *anatomía inorgánica*; y la *física*, ó la ciencia especial de que vamos á ocuparnos, da á conocer las propiedades generales de la materia, en cuanto afecta á su modo de estar.

Por consiguiente, la *física general*, circunscrita al estudio de aquellos fenómenos que no dependen de las *fuerzas vitales*, y limitada solamente al conocimiento de la materia inorgánica, ha separado de sus investigaciones el examen de los cuerpos colocados en el espacio; sobre los cuales se indaga la verdadera existencia de los unos, las probabilidades de los otros, las leyes de sus movimientos, las que corresponden á los diversos satélites y cometas, sus distancias respectivas, revoluciones, gravitacion general, y cuanto es concerniente al vasto sistema del Universo: el conjunto de todos estos conocimientos, forma una parte especial de la física, que lleva el nombre de *astronomía*.

2. De lo que llevamos espuesto se deduce fácilmente, que la *física* tiene intimas relaciones con la *química*; por

que ambas se ocupan del conocimiento de las fuerzas que obran sobre la materia bruta ó inorgánica.

La *física* es aquella ciencia que da á conocer las propiedades exteriores de los cuerpos, las que son propias de los agentes naturales, las que corresponden á las acciones mecánicas, y hasta cierto punto las que tienen relacion con la atraccion planetaria. De esta definicion se deduce, que la física estudia los fenómenos naturales tomando la materia en su modo de estar; examina luego las fuerzas que la impulsan, y los resultados de su intensidad y direccion; se ocupa de dar á conocer los efectos del calor, de la luz, de la electricidad y del magnetismo; y demuestra en fin, las modificaciones que resultan de su influencia sobre los cuerpos ponderados.

De suerte que la física se ocupa de los fenómenos exteriores, y la química de los interiores; la primera indaga el modo de *estar* de los cuerpos, y la segunda dirige sus miras acerca su manera de *ser*; aquella da á conocer el estado *presente* de la materia, y esta enseña su *pasado* y su *porvenir*; sin que podamos marcar el limite que separa á estas dos ciencias, porque acontece con frecuencia, que un fenómeno puede entrar bajo el dominio de ambas; tal sucede con los fenómenos capilares, y los que resultan del contacto y la frotacion.

La física encuentra en las *matemáticas* un poderoso auxilio á fin de generalizar los resultados de la esperiencia, usando para ello de su lenguaje aljebraico. Sin embargo, la naturaleza esencial de la física, no se presta á establecer principios *a priori* para deducir consecuencias particulares, que den á conocer los fenómenos que los cuerpos presentan; sino que interrogando á la naturaleza y valiéndose de la observacion y de la esperiencia se descubren leyes empiricas, que cuando tienen entre sí cierta conexion, se consideran como corolarios de una ley única, cuyo enunciado se formula por medio del análisis aljebraico;

entonces es cuando el físico llega á valerse del raciocinio. Las fórmulas analíticas que no estan basadas en la esperiencia repetida de uno ó de muchos físicos; las que no son el resultado de las leyes y principios llamados empíricos ó experimentales, no entran en el dominio de la física; son patrimonio de las ciencias metafísicas y morales.

3. Reflexionando sobre los principios generales que dejamos indicados, se podrá conocer la importancia de la ciencia que nos ocupa. Basta contemplar estos procedimientos mecánicos con que el hombre multiplica sus producciones, los cuales estan fundados en los principios que enseña la física; esas aplicaciones del vapor de agua, por cuyo medio se aproximan las distancias, y el género humano viene á formar una sola familia; esos *focus* de calor aplicados á la estraccion de los metales útiles al bien estar de nuestros semejantes, y cuyos minerales sacamos de las entrañas de la tierra; esas aplicaciones de la electricidad, donde el hombre trasmite sus ideas con la velocidad del pensamiento; esa multitud, en fin, de usos y bien combinadas aplicaciones que de sus leyes se hacen, para aumentar el número de nuestros gozes; y desde luego deduciremos en última consecuencia, que el estudio de la física es uno de los mas importantes á que puede consagrarse la juventud estudiosa.

4. Los antiguos siguiendo la escuela de Platon, trataron de estudiar la física por medio de la meditacion, es decir, por la intuicion mental. Semejante sistema, llamado tambien *especulativo* ó *racional*, tiene por base establecer principios generales ó abstractos, para deducir por el simple raciocinio, la resolucion de los diferentes casos particulares; por esta razon se llama tambien método *sintético*.

Aristóteles, su discípulo, quiso seguir un rumbo del todo opuesto, estableciendo como principio fundamental de su sistema, que todas las ideas vienen de los sentidos; *nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu*. Sin

embargo, en sus escritos sobre la física empieza estableciendo principios *a priori*, que estan en contradiccion con las bases de su doctrina: este metodo se llamó de *inducion, empirico, experimental ó analítico*: porque empieza por observar los fenómenos individualmente, examina los casos particulares, interroga á la naturaleza, compara los hechos entre si, busca la semejanza en los resultados, y cuando el observador está plenamente convencido de la realidad de estos resultados, entonces establece proposiciones generales que mira como axiomas.

Por consiguiente se vé, que para el estudio de la física debe seguirse el método experimental ó analítico, fundado en la observacion pasiva y la observacion activa. Sucede muchas veces, que no le es dado al fisico conocer por la experiencia directa la causa de los fenómenos que examina; entonces busca las analogías que puede haber entre el fenómeno que estudia y el que ya conoce de antemano, y por ellas viene muchas veces en conocimiento de la causa á que se debe aquel resultado.

Cuando su estudio se limita á examinar el producto de un *agente* que no puede apreciar por la experiencia, ó de un *hecho* que se halla fuera del círculo de sus investigaciones y del que solo conoce alguno de sus *efectos*, establece en estos casos una *hipótesis*, por medio de la cual esplica aquellos fenómenos; pero si el conjunto de estos fenómenos aumenta, porque aumenta tambien el número de hechos observados, y si además puede en su gabinete repetirlos á su antojo, entonces se establecen *principios*, que forman luego *teorias*, y llegan á enunciarse como *leyes*.

El sistema racionalista cundió de tal manera en el espíritu de casi todos los filósofos, que hasta el siglo XIV se tuvo la costumbre de estampar al frente de cada tratado los axiomas generales, á que se daba el nombre de *principios*. Vanos habian sido los esfuerzos de Rogelio Bacon

llamando en su apoyo la esperiencia y la sana observacion; inútiles las demostraciones que se presentaron en fisica para combatir los absurdos y aberraciones á que conducia la filosofia contemplativa; las doctrinas de Pitágoras y Platon tenian aprisionados los talentos mas fecundos, y la filosofia de Aristóteles, partiendo, al parecer, de un extremo opuesto, yacía subyugada por el fanatismo escolástico.

Este exclusivismo fué poco á poco perdiendo su influencia con los adelantos de la fisica y de la quimica, cuyas ciencias siguiendo el método trazado por la observacion y la práctica, llegaron á probar cuan poco satisfacen los principios abstractos para esta clase de estudios. Francisco Bacon introdujo en la fisica el sistema *empírico* ó analítico, partiendo de las sensaciones y hechos particulares, y elevándose gradualmente á las proposiciones generales. Este célebre filósofo puso los cimientos de la fisica moderna. Nollet, aplicando estos principios y siguiendo las huellas que habian dejado Galileo, Franklin, Newton y otros célebres autores, creó la *fisica experimental*, llegando á proscribir todo lo que no estuviese bajo el dominio de los sentidos.

La fisica circunscrita solamente á esperimentos, presenta una coleccion de hechos notables y curiosos sin orden ni trabazon, y careciendo de aquel enlace que constituye la ciencia propiamente dicha. Enseñando la fisica por medio de la esperiencia, cuantos fenómenos presenta la materia en su estudio general y particular, ó bajo el cambio de estado por la accion de ciertos agentes, y demostrando por el raciocinio y la deduccion las leyes y principios á que estan sujetos dichos fenomenos, se consigue el doble objeto de apreciar las causas y los efectos bajo un punto de vista puramente filosófico. De este modo la ciencia ha emprendido sus grandes conquistas, y la fisica ha llegado á alcanzar el estado de desarrollo y perfeccion que por fortuna tiene en el siglo diez y nueve.

Leccion II.

Clasificacion de las propiedades de los cuerpos, haciendo notar la necesidad de estudiar separadamente las que únicamente pertenecen á la materia, las que exclusivamente corresponden á los cuerpos, y las que son comunes á unos y otros. Explicacion de los tres estados en que los cuerpos se dividen.

5. Se llama *cuerpo* á una parte de *materia impenetrable*, que ocupa un lugar en el espacio, y está formado de átomos.

6. Para dar á conocer la *materia*, importa saber lo que es *espacio*. El espacio es una idea simple que se concibe por sí misma, cuando reflexionamos acerca de una distancia cualquiera. Si circunscribimos la idea á una porcion finita del espacio, se dice que conocemos la *estension*. Por consiguiente, la idea del espacio se presenta desde luego completa por sí sola; y el *espacio impenetrable*, es decir, el que se opone á que introduzcamos en él cuerpo alguno, constituye la *materia*.

7. La impenetrabilidad inseparable, dá nacimiento al *átomo*, la reunion de dos ó mas átomos constituyen la *molécula* ó *partícula*, y el agrupamiento de estas es lo que forma los *cuerpos materiales*.

8. Se llama *propiedad* á la facultad que tienen los cuerpos de escitar en nosotros *sensaciones*; así cuando decimos el oro es amarillo, damos á conocer la relacion que existe entre el oro y la sensacion que nos causa su color. Las propiedades pueden ser *generales* y *particulares*: las primeras son aquellas que afectan á nuestros sentidos de un modo constante; tales son, la *estension*, la *impenetrabilidad*, la *figurabilidad*, la *porosidad*, la *divisibilidad*, la *compresibilidad*, la *dilutabilidad*, la *elasticidad*, la *inercia*, la *gravedad* y la *movilidad*. Las segundas ó particulares,

son las que pertenecen á determinadas sustancias, como el *color*, el *olor*, la *forma*, etc.

De las propiedades generales la *estension* y la *impenetrabilidad* son peculiares á la materia, de modo que su existencia está enlazada con la del cuerpo; estas dos propiedades llevan el nombre de *esenciales*. Todas las demás si bien son inseparables de los cuerpos, parece que no son esenciales á su existencia: de suerte que por medio de la abstraccion podemos considerar que los cuerpos estan desprovistos de todas estas propiedades, ó tan solo de alguna de ellas, pero siempre conservarán la estension y la impenetrabilidad, que ambas por sí constituyen la *existencia material*.

Las propiedades generales como la estension, la inercia, la movilidad y la gravedad, son comunes á la materia y á los cuerpos; la porosidad, la divisibilidad, la figurabilidad, la compresibilidad, la dilatabilidad, y la elasticidad son propias y peculiares de los cuerpos, y nada tiene que ver en ellas la materia; y finalmente, la impenetrabilidad es esclusiva de la materia.

9. Los cuerpos pueden presentarse bajo tres estados diferentes, á saber; *sólidos* como las piedras y los metales; *líquidos* como el agua y la sangre; y *gaseosos* como el aire y el vapor. Los líquidos y los gases se conocen con el nombre de *fluidos*.

Los cuerpos sólidos son aquellos que no cambian de forma, y presentan una resistencia mas ó menos grande para la separacion de sus partes; así se vé que la figura que el arte ó la naturaleza ha dado á un sólido es siempre la misma, á no ser que nuevas fuerzas vengán á turbar su arreglo molecular. Los líquidos son todos los que adquieren la figura de los vasos que los contienen, y además presentan muy poca resistencia á la separacion de sus partes; tal sucede al verter el agua, el espíritu de vino ó el mercurio en un vaso cilindrico ó cuadrado, que toman

inmediatamente su figura. Y los gaseosos son los que están dotados de una fuerza de repulsion constante, no oponen resistencia á la separacion de sus partes, y además adquieren la figura de los vasos donde se hallan encerrados: no obstante, se diferencian de los líquidos, por la propiedad que tienen los gases de ocupar siempre las capacidades que se les presentan en virtud de una fuerza llamada de *tension*. La cantidad de materia gaseosa que en circunstancias dadas ocupa un pié cúbico de volúmen, ocupará bajo las mismas condiciones un espacio de diez, ó cien piés cúbicos. Finalmente, los gases se distinguen de los líquidos, por la compresibilidad de que están dotados, al paso que estos son muy poco compresibles.

Todos los cuerpos de la naturaleza pueden adquirir estos tres estados. Semejante mutacion depende del *calor* que se les acumula, que tiene por objeto disminuir y aun romper la fuerza que mantiene reunidas á las moléculas. El agua nos puede servir de ejemplo: tomada al estado de hielo se presenta con todos los caracteres de un cuerpo sólido, se calienta y adquiere la forma líquida, y aumentando la accion ó intensidad del calor toma el aspecto de un gas ó flúido aeriforme. Todos los cuerpos pueden manifestarse bajo estos tres estados diferentes, esponiéndolos á temperaturas apropiadas, ó absorbiendo una parte del calor que contienen por medios mas ó menos adecuados; y si la naturaleza ó el arte presentan algunas sustancias que al parecer, conservan el estado de gaseosidad ó el de solidéz, es por la dificultad en el primer caso, de robar una gran parte del calor que sostiene las moléculas á el estado aeriforme, y en el segundo, de desenvolver una cantidad de calor suficiente para romper ó disminuir la fuerza que mantiene reunidas á las moléculas homogéneas.

• Verdad es que ciertos cuerpos compuestos pierden algunos de sus principios antes de cambiar de estado; pero esta circunstancia proviene probablemente de los medios

que usamos ; pues se ha observado que modificando los procedimientos , se ha conseguido la licuacion de ciertas sustancias sin descomponerse: la creta presenta un ejemplo de lo espuesto.

LECCION III.

Estension--Consideraciones acerca del modo de medirla, y explicacion del Nonius ó Vernier.--Impenetrabilidad.--Medios experimentales para hacer constar esta propiedad en los tres estados de los cuerpos, ya sea respecto de los de estado semejante, ya con los de estado diferente.

10. Todos los cuerpos ocupan cierta porcion del espacio, y esto constituye la *estension*; pero como la estension tiene siempre las tres dimensiones de longitud, latitud y profundidad, ó lo que es igual *largo, ancho y grueso*, que propiamente hablando forman el cuerpo geométrico, resulta que la estension de un cuerpo puede llamarse tambien su *volúmen*. Esta propiedad es esencial á la materia y á los cuerpos, porque es imposible concebir su existencia, sin que desde luego comprendamos el espacio que ocupan. Sin embargo, la mente concibe muchas veces volúmenes geométricos que no contienen un solo átomo de materia ponderable, como sucede con las sombras, cuyo fenómeno nos da á conocer que la estension por si sola no es suficiente para fijar de un modo real la presencia de un cuerpo. La pequenez de algunas sustancias nos impide, en ciertos casos, reconocer su estension por medio del sentido del tacto; pero entonces debemos tambien suponer que dichos cuerpos tienen las tres dimensiones indicadas; de suerte que el átomo material tiene longitud, latitud y profundidad.

11. La idea de estension abraza tambien la de *espacio*, ó mejor dicho, en la idea de espacio se halla comprendida la de *estension*. La estension que comprende una llanura ó

el volúmen de un cuerpo geométrico, son percepciones de nuestro espíritu que constituyen ideas completas, porque su misma sencillez no permite una definicion complicada; de suerte, que sin esforzar nuestra mente se puede concebir, que un sólido tenga una figura regular, y esté sumergido en el agua ú otro liquido cualquiera; si le separamos y el liquido conserva la posicion que tenia cuando el cuerpo estuvo cubierto por él, desde luego se comprende de un modo evidente el *espacio* que ocupó el sólido.

Este espacio sin agua ni otra sustancia, constituye el *espacio vacio* de los fisicos, ó el *espacio puro* de los metafisicos. El espacio puede ser tambien *relativo* y *absoluto*; relativo cuando se limita á una porcion finita, y absoluto cuando es infinito é incommensurable, porque su prolongacion en todos sentidos no halla obstáculos: tal es la *inmensidad* donde giran esa multitud de globos que constituyen los diferentes sistemas planetarios.

12. Siguiendo las reglas de la lógica, tampoco se puede definir el *tiempo*. Esta idea es simple, por si misma se define, y la mente la concibe observando la sucesion de los cuerpos y de la naturaleza toda. El agua corre por un cauce, la primavera sigue al invierno, un año á otro, sin que tengamos de ello otra prueba ni mas conviccion que los resultados que da la esperiencia, por medio de la comparacion que hacemos nosotros mismos. No obstante, si el sistema del mundo quedase por un momento en el estado de reposo universal, tendríamos aun la idea del tiempo por nuestra propia conciencia, y concebiríamos su medicion y subdivision, aun cuando no nos fuera dable buscar una unidad á quien poderle comparar. De modo que el tiempo es una *magnitud*. Conocer el tiempo y saberlo medir, son dos cosas diferentes: la primera tiene por base la conciencia, y la segunda la comparacion del tiempo con el movimiento de un cuerpo; mas como en la naturaleza no se conoce cuerpo alguno animado de un movimiento regu-

lar y uniforme, resulta que la medida del tiempo es convencional. El movimiento de la tierra en derredor del sol y sobre su eje, y el de la luna en torno de su planeta principal, nos ha dado la medida del tiempo en años, meses y días. El año tiene 365 días, 5 horas, 48 minutos y 48 segundos: el día 24 horas, la hora 60 minutos y el minuto 60 segundos. El año tiene tambien 12 meses.

13. El volúmen de un cuerpo puede presentar dos casos diferentes; ó bien suele hallarse comprendido en los límites de las formas geométricas, ó bien sus superficies exteriores no corresponden por su irregularidad á ninguno de los casos que nos enseña la geometría: en la primera situacion se evalua por medio de ciertas longitudes que se consideran dentro de la figura exterior del cuerpo; pero en la segunda, la geometría nos conduciria á errores inevitables, por cuya razon recurrimos á los procedimientos que nos enseña la física.

Cuando se pretende medir las dimensiones de un cuerpo, basta tomar una unidad de medida convencional, y averiguar el número de veces que se halla comprendida en la longitud propuesta; pero como sucede casi siempre que la unidad lineal no está contenida un número exacto de veces dentro de la longitud que se mide, resulta que aquella unidad ha de dividirse para poder apreciar la fraccion restante. Esta unidad es diferente para cada pais, y aun se ve que para una misma nacion suele variar en cada provincia: en España se usa de la *vara* de Burgos, la cual tiene tres piés; el pié consta de doce pulgadas, la pulgada de doce líneas y la línea de doce puntos.

En muchas naciones se ha adoptado el sistema decimal inventado en Francia en la última década del siglo pasado, cuya unidad lineal es el *metro*; el metro se divide en decímetros, centímetros y milímetros (1).

(1) El metro equivale á una diezmillonésima parte de un arco de meridiano comprendido entre el ecuador y el polo.

Pero cuando hay necesidad de apreciar una fraccion de longitud menor que la de un milimetro, no puede llevarse la subdivision mas allá de este limite, porque la señal ocuparia un espacio mayor que el que debia representar; en este caso se emplea un instrumento llamado *nonius* ó *vernier*, del nombre de su autor, por medio del cual se consigue la longitud pedida hasta una aproximacion tal, que no difiere de la verdadera en un cincuenta avo de milimetro, y quizá en una cantidad mucho menor.

El *nonius* ó *vernier*, consiste en una regla de madera ó de otra sustancia apropiada dividida en milímetros (siguiendo el sistema decimal adoptado para las ciencias, y que es el admitido en esta obra), de los cuales se toman 9, que se trazan sobre otra regla auxiliar, y esta longitud se divide en diez partes iguales: esta regla es la que constituye el *nonius*, y cada una de sus divisiones representa los $\frac{9}{10}$ de una de las divisiones de la primera regla.

Ahora bien, si dividimos en milímetros la regla A B, fig. 1.^a; que se toma por unidad, y se coloca el *nonius*, de tal manera, que las dos divisiones extremas corresponden á otras dos de la regla desde A á C, las divisiones coincidirán de modo, que 9 de la una corresponderán á las 10 del *nonius*; por consiguiente la primera será de $\frac{1}{10}$ avo de milimetro menor que la de la regla, la segunda de $\frac{2}{10}$, la tercera de $\frac{3}{10}$, etc; de modo que la division x de la regla se separará de la division x del *nonius*, de n diez avos de milimetro.

Una vez comprendidos estos principios, nada mas fácil que medir una longitud propuesta con la aproximacion de $\frac{1}{10}$ avo de milimetro. Se empieza colocando la longitud dada M M', procurando que coincida perfectamente su estremidad M con la A de la gran regla dividida en milímetros; esto nos da un número exacto de milímetros, mas una fraccion que es la que pretendemos apreciar. Para ello se coloca el *nonius* N N' á la estremidad M' de la lon-

gitud que se mide, y se observa á qué division corresponde la perfecta coincidencia de uno de los trazos de la regla con otro del nonius, y el número de estas divisiones es el numerador de un quebrado, cuyo denominador viene representado por el número de partes que se tomaron de la regla; así es, que si son 4 las divisiones, la fraccion que se desea medir será de $\frac{4}{10}$ de milimetro, si 8 de $\frac{8}{10}$ de milimetro, etc. Si queriendo aproximar mas los resultados se toman de la regla 19, 29, 39, 49, etc. milímetros, y cada una de estas cantidades se dividen en 20, 30, 40, 50, etc. partes iguales, claro está que la aproximacion vendrá representada por $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{50}$, etc. de milimetro. A pesar de que algunos constructores de instrumentos fisico-matematicos tienen tal habilidad, que hacen desde 100 á 500 trazos en la longitud de un milimetro, la aproximacion de $\frac{1}{10}$ es suficiente para los resultados que se desean en la práctica.

Además se usa el *comparador* con el que se puede apreciar la diferencia que existe entre dos longitudes que á la simple vista parecen iguales: este instrumento es mas exacto que el nonius. Se conoce tambien la *máquina* para dividir, el *tornillo* micrométrico y el *esferómetro*, que se destina para medir el espesor de los cuerpos.

14. Se llama *impenetrabilidad*, á la propiedad que tienen dos cantidades de materia de no poder ocupar á un mismo tiempo un determinado lugar en el espacio. Esta propiedad es esencial á la materia, y constituye uno de los principales caracteres que marcan su existencia. Los cuerpos parece que pueden penetrarse; así se vé que una sustancia dura se introduce dentro de otra blanda, las materias grasas como el aceite, la esperma, etc. manchan y penetran, al parecer, al papel y otros tejidos, el agua disuelve varias sales sin cambiar de volumen etc.; pero en todos estos casos la penetracion es solo aparente, porque ó bien las moléculas de la sustancia blanda obedecen al

esfuerzo de la mas dura, cediéndole una porcion del espacio que ocupaban, ó el cuerpo soluble se interpone entre los intersticios del vehiculo que le disolvió. Por consiguiente se ve que los sólidos no se penetran entre si, ni mucho menos existe penetrabilidad entre un sólido que se disuelve en un liquido.

La impenetrabilidad entre un sólido no soluble y un liquido, se prueba sumergiendo el sólido en el flúido; desde luego se nota que el volumen del liquido aumenta notablemente. Dos líquidos que no ejerzan entre si accion quimica, ocupan un espacio igual á la suma de sus volúmenes respectivos; lo cual prueba tambien que no se penetran.

Los líquidos con los gases tampoco se penetran. Esta verdad se demuestra colocando en una campana de cristal cierta cantidad de agua sobre cuya superficie flota un corcho con una cerilla encendida, fig 2.^a; si se introduce boca abajo la probeta *a* llena de aire, se ve que el liquido no entra en su interior, subiendo por los costados como si la probeta fuese un sólido macizo: este experimento presenta además el curioso fenómeno de hacer arder una luz debajo del nivel del agua; pero á espensas del aire que contiene el vaso invertido.

La química nos ofrece multitud de experimentos que demuestran de un modo evidente la impenetrabilidad de los gases. Si se toman dos probetas, una llena de gas hidrógeno y otra de aire, y se colocan de tal manera, que la de aire esté boca abajo y la de hidrógeno boca arriba; pasados algunos minutos el hidrógeno habrá desalojado el aire, y ocupará su lugar llenando la probeta superior, fig. 3.^a

En todos estos casos se ve de un modo indubitable, que no existe en los cuerpos, cualquiera que sea su estado, penetracion mútua, y por consiguiente la impenetrabilidad es esencial á la materia; de tal manera, que unida á la estension forman todos los seres del mundo material. Los

átomos se *justa-ponen*, pero no se penetran; y todos los cuerpos de la naturaleza dejan entre sus partículas varios huecos que constituyen los *poros*. La impenetrabilidad nos la da á conocer el sentido del tacto.

Lecion IV.

Porosidad.--Razones para admitirla en todos los cuerpos, y esperimentos que lo confirman.--Divisibilidad.--Diferencia que presenta esta propiedad considerada matemáticamente ó físicamente.--Razones que prueban que la divisibilidad fisica no es ni puede ser indefinida.

15. Segun lo que hemos manifestado, los cuerpos resultan de la *justa-posicion* de las moléculas mantenidas á cierta distancia en virtud de una fuerza que obra sobre ellas. La materia aumenta ó disminuye de volumen, siempre que intervienen sobre ella varias fuerzas que daremos á conocer mas adelante; pero basta calentar á un cuerpo cualquiera ó sustraerle una porcion del calor que contiene por medio de un enfriamiento graduado, para que nos convenzamos que sus tres dimensiones de longitud, latitud y profundidad aumentan en el primer caso, y disminuyen en el segundo. Esto nos prueba hasta la evidencia, que las moléculas que constituyen á los cuerpos no estan en contacto inmediato, sino que dejan entre si ciertos espacios ó intersticios que conocemos con el nombre de *poros*.

Por consiguiente daremos el nombre de *porosidad*, á la propiedad que tienen todos los cuerpos de dejar entre sus moléculas varios espacios ó intersticios. Todos los cuerpos de la naturaleza, cualquiera que sea su estado, son porosos: algunos como la esponja y el carbon, tienen los *poros* muy grandes, por cuya razon se pueden observar á la simple vista; otros como los metales, el cristal y otras sustancias compactas, tienen los *poros* tan pequeños, que

no pueden verse sino con el ayuda de instrumentos ópticos. De ahí resulta, que algunos físicos dividen la porosidad en *aparente* y *molecular*: la porosidad molecular es general á todos los cuerpos.

La porosidad de los cuerpos está en razon directa de la magnitud de los poros; así se nota que entre los cuerpos sólidos la esponja, el corcho y otras materias análogas son muy porosas, y basta comprimirlas para que disminuyan de volúmen; el ágata y demás piedras duras, sumergidas en el agua aumentan de peso, por la cantidad de liquido que penetra en los poros.

Los liquidos y los gases son tambien muy porosos: la sangre vertida en el agua, ó el vino tinto mezclado con el mismo liquido, nos manifiestan la porosidad de que estan dotados: la mezcla del agua con el aguardiente, ó la del agua con el aceite de vitriolo, presentan siempre un volúmen menor que el que corresponde á las cantidades de los cuerpos que se mezclaron.

El estado gaseoso lleva consigo la idea de una gran porosidad: en este caso las moléculas estan dotadas de una fuerza de tension constante, la cual tiende á aumentar el diámetro de los poros; por cuya razon los gases son mas compresibles que los demás cuerpos.

De lo dicho se infiere, que la porosidad es una propiedad general á la materia, cualquiera que sea el estado en que se presente, pero no esencial á su existencia; porque por medio de la abstraccion podemos suponer que las moléculas se hallan en contacto íntimo, y por lo tanto los cuerpos desprovistos de poros. El fisico no conoce ningun experimento que le manifieste este contacto inmediato de los átomos; de suerte que ni en la naturaleza, ni por medio del arte se puede presentar un cuerpo que esté destituido de poros.

La porosidad varía tambien en una misma sustancia con el estado fisico del cuerpo, y se nota que aumenta á medi-

da que disminuye la fuerza de cohesion; de modo que se puede establecer como principio general, *que la porosidad está en razon inversa de las fuerzas que sostienen reunidas las moléculas homogéneas de los cuerpos.*

16. La esperiencia de todos los dias nos enseña, que los cuerpos se dividen y subdividen por medios mecánicos. Las operaciones químicas dan á conocer una division mas perfecta, la cual está representada por los *átomos* que constituyen la materia ponderable; de modo que *la divisibilidad es una propiedad general de la materia.*

Por consiguiente llamaremos *divisibilidad*, á la propiedad que tienen todos los cuerpos de separarse en particulas por medios mecánicos, y en átomos valiéndose de reacciones químicas.

Esta propiedad se prueba por medio de los aceites esenciales, las sustancias colorantes, etc. Con efecto, un grano de esencia de rosa ó de almizcle, dejan sentir su olor por espacio de mucho tiempo; una lámina de plata ó de oro se estiende hasta presentar tan poco espesor, que se necesitan mas de doscientas mil para componer el grueso de una pulgada; una gota de sangre, un grano de carmin, ó unas gotas de disolucion de añil en el aceite de vitriolo, comunican á una grande cantidad de agua el color rojo ó azul que caracteriza á estas sustancias; y en la práctica de las artes vemos que la seda, la lana y aun el vidrio se reducen á hebras sumamente delgadas.

Estas divisiones de la materia son, á la verdad, muy groseras, si se comparan con las que nos ofrecen las sustancias orgánicas. Familias enteras de insectos microscópicos llenos de vida se ven por medio de los instrumentos de óptica; estos seres vivientes gozan de movimientos, y por lo tanto tienen músculos; además están formados de tejidos, nervios y tendones; cada una de estas partes consta de otras de un órden inferior, y estas últimas estan compuestas en general, de los elementos oxígeno, nitrógeno,

carbono é hidrógeno, sin contar otros principios que se hallan en casos dados en el reino orgánico.

Algunos al reflexionar sobre los fenómenos que acabamos de indicar, creyeron que la materia podria dividirse y subdividirse hasta lo infinito; pero la quimica ha probado hasta la evidencia la falsedad de esta division. Con efecto, si esto fuera así, con solo dos elementos obtendriamos un número infinito de combinaciones; pero la esperiencia nos enseña que su número es fijo é invariable, y además que siempre son las mismas cualquiera que sean los medios empleados para conseguirlas.

Por lo tanto la divisibilidad puede considerarse como *geométrica y fisica*: la primera tomada en abstracto puede llegar al infinito; pero la segunda solo puede efectuarse hasta el estado de partículas por medios mecánicos, y al de átomos por procedimientos químicos.

Leccion V.

Compresibilidad.--Medios de asegurarnos de que esta propiedad reside en todos los cuerpos, y determinacion de la ley que se manifiesta en los gases.--Elasticidad.--Esperimentos que prueban que esta propiedad es general en todos los cuerpos, y clasificacion de los mismos con respecto á esta propiedad.

17. Hemos probado que todos los cuerpos, cualquiera que sea su naturaleza y estado, son porosos (15); por consiguiente todos ellos pueden disminuir de volúmen aparente, siempre que se espongan á un esfuerzo mas ó menos grande. De aqui se infiere, que la compresibilidad es otra de las propiedades generales de la materia.

Se entiende por *compresibilidad*, aquella propiedad que tienen los cuerpos de disminuir de volúmen aparente, cuando se sujetan á la accion de una fuerza que obra sobre todas sus partes.

Aun cuando la compresibilidad en los cuerpos sólidos

debe admitirse como una consecuencia inmediata de la porosidad, no es tan sencillo demostrarla por medio de experimentos directos. Para ello seria necesario disminuir alguna de sus dimensiones sin aumentar las demás, lo cual no es muy fácil para los cuerpos compactos. No obstante, vemos que la accion de varios agentes mecánicos disminuye el volúmen de muchas sustancias sólidas de un modo perceptible, y que todas ellas, hablando en general, aumentan la densidad cuando se han espuesto al influjo de agentes que obran con el objeto de aproximar sus moléculas.

La compresibilidad de los líquidos fué una de las cuestiones científicas que llamaron la atencion de los físicos de la edad media. Se habia creido que los líquidos eran incompresibles, atendidos los malos resultados que consignaron los académicos de Florencia y otros profesores del siglo XIII; pero Canton físico inglés, fué el primero que en 1761 indicó la compresibilidad de los líquidos; su aparato incompleto dió á conocer esta propiedad de un modo vago y dudoso, por lo que algunos consideraron el estado líquido de los cuerpos como incompresible.

Mr. CErster en 1823 por medio de un aparato apropiado, observó que la presion disminuia el volúmen de los líquidos: este instrumento llamado por algunos *piezómetro*, consta de dos partes; de un receptáculo cilindrico de cristal A, fig. 4, y de otro B con un tubo capilar, cuya parte del aparato suelo designarse tambien con el nombre de *piezómetro*. El primero es un cilindro de cristal bastante grueso armado de dos fuertes abrazaderas de metal, de las que la superior tiene un tornillo á la manera de émbolo, y un embudo. El *piezómetro* tiene un tubo capilar de conocida graduacion, y proporcional á la capacidad del receptáculo *piezométrico*. Para operar con este aparato hay que tener en cuenta el cambio de capacidad que experimenta el cilindro de cristal, y la contraccion lineal de esta mis-

ma sustancia: la presion se verifica en la masa líquida por medio del tornillo, que obrando sobre un cilindro macizo que ajusta exactamente á la manera de piston, su influencia viene á indicarse en el piezómetro.

Los Sres. Sturm y Colladon han modificado este aparato con el objeto de conseguir las presiones mas intensas. Al cilindro de cristal le han dado mayor espesor, y mas solidez á las abrazaderas de metal, y han sustituido al indice de mercurio una burbuja de aire, ó una partícula de sulfido carbónico: con estas dos sustancias se puede emplear un tubo de un diámetro mayor. Ultimamente, en vez de tornillo usan de una bomba comprimente. En el acto de operar se sumerge la parte inferior del aparato en agua fria, para absorber el calor que la presion desenvuelve. Con estas modificaciones los resultados de la compresion cúbica de los líquidos son mucho mas exactos; así es que la compresibilidad del mercurio bajo el peso de una atmósfera, que corresponde á una columna de mercurio de 0,^m76 es de 0,00000538; la del agua 0,00004965; la del alcohol 0,00009165; la del ácido sulfúrico á 66°B. de 0,00012665.

Los gases son entre todos los cuerpos los mas compresibles; para probar esta verdad se practica el experimento siguiente: si dentro de un vaso C lleno de agua ú otro líquido cualquiera, fig. 5, se introduce boca abajo otro vaso D de menor diámetro, se observa que el nivel del líquido que antes de la inmersión estaba á la altura *a b*, va subiendo á medida que mas se profundiza el vaso invertido, y llega en el exterior hasta *o r* sin que pueda tocar el fondo *e* del espresado vaso D.

Este experimento causa mayor sorpresa si se hace flotar un corcho con una cerilla encendida, segun manifestamos al explicar la impenetrabilidad (14). El eslabon físico, fig. 6, llamado tambien eslabon neumático, sirve así mismo para probar la compresibilidad de los gases.

Los gases cuando se comprimen disminuyen de volúmen

en razon de la presion que sufren. Este principio que se conoce con el nombre de *ley de Mariotte*, se prueba con un aparato debido á este sabio ; de donde resulta *que el volúmen de los cuerpos gaseosos, está en razon inversa de la presion á que estan espuestos*. De aqui se deduce, que mayor presion es á menor presion, como mayor volúmen es á menor volúmen; lo que dá, $\langle p \rangle \propto p :: \langle v \rangle \propto v$.

El aparato de Mariotte, fig. 7, consiste en un tubo de cristal bi-curvado y cerrado herméticamente por la rama mas corta. Cuando se coloca una presion de mercurio que solo ocupa la parte horizontal *a b*, el aire encerrado en la rama *b c* está espuesto á la sola presion atmosférica. Si se añade una columna de mercurio que tenga 0,^m76 de altura, el líquido metálico sube en la rama corta hasta el punto *e*, y el aire encerrado desde *e* á *c* está sujeto á dos presiones atmosféricas; 1.^a á la del aire exterior que gravita sobre la superficie superior del mercurio; y 2.^a á la de una columna de dicho metal que equivale al peso de aquel fluido aeriforme. Si se continuase añadiendo varias columnas de mercurio que cada una correspondiera á una presion atmosférica, el aire encerrado en la rama corta iria disminuyendo de volúmen en la proporcion de 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, etc. segun fuesen dichas presiones equivalentes á lo que los físicos llaman 1, 2, 3, 4, 5, etc. atmósferas.

Este principio fué considerado por los físicos como un axioma; pero Arago y Dulong han demostrado, que si con efecto el aire atmosférico disminuye de volúmen de un modo proporcional á la presion á que se espone hasta llegar al peso de 27 atmósferas, la mayor parte de los gases no guardan esta relacion, y por consiguiente el principio de Mariotte lejos de poderse considerar como una ley general, solo puede aplicarse á un reducido número de casos.

18. Todos los cuerpos que se han comprimido hacen un esfuerzo para volver á ocupar su volúmen primitivo: este esfuerzo constituye su *elasticidad*.

Por consiguiente llamaremos *elasticidad*, aquella propiedad que tienen los cuerpos de volver á adquirir su forma y volúmen primitivo sin romperse ni desagregarse, tan pronto como dejan de actuar las potencias mecánicas que obraban sobre ellos. La elasticidad es tambien una propiedad general de la materia.

La elasticidad se divide en *elasticidad de forma* y *elasticidad de volúmen*: la primera solo se presenta en los cuerpos sólidos cuando una fuerza mecánica hace cambiar su figura, tal sucede con los resortes de acero; y la segunda es la que tiene lugar siempre que obra sobre una sustancia, cualquiera que sea su estado, una fuerza comprimente, ó el fluido colórico: la elasticidad de volúmen se manifiesta particularmente en las sustancias líquidas y gaseosas.

Todos los cuerpos sólidos son elásticos; pero esta elasticidad depende de la naturaleza química de su sustancia, y del arreglo y modificacion de sus átomos: por esta razon una varilla de acero se encorva por el influjo de una fuerza, y adquiere su primitiva posicion tan luego como cesa de obrar la potencia mecánica, en cuyo caso describe un movimiento oscilatório; al paso que otra varilla de cobre ó de plata permanece en la posicion que adquirió por efecto de la potencia á que se espuso. Esto nos manifiesta que la elasticidad no es igual en todos los cuerpos, sino que unos como el marfil, la goma elástica, el vidrio, etc. poseen esta propiedad en un alto grado; mientras que otros como el esparto, la seda, varios metales, etc. la tienen en un grado inferior. De ahí resulta que la elasticidad es una propiedad relativa, por cuya razon los cuerpos pueden dividirse en elásticos de primer orden y elásticos de segundo orden.

Las artes por medio de ciertas operaciones modifican de un modo notable la elasticidad de los cuerpos; así vemos que el laminador, la hilera y el choque del martillo ó ba-

tido, aumentan la elasticidad de los metales. Las mezclas de estos cuerpos suelen ser mucho mas elásticas que los elementos que las constituyen.

La operacion llamada *temple* ó *templar*, comunica á los cuerpos mayor grado de elasticidad: el acero templado es mucho mas elástico, que cuando se ha enrojecido y enfriado con lentitud: el *recocido* y el enfriamiento lento y gradual, disminuyen notablemente esta propiedad.

La elasticidad de los cuerpos sólidos tiene su limite: cuando una potencia obra sobre una masa sólida, y el esfuerzo es mayor que su elasticidad, entonces se rompe; de suerte que los esfuerzos de *traccion* ó de *tension* llegan á su máximo, siempre que la fuerza elástica está contrarestada por el peso que la distiende: este limite viene indicado con el peso que hace equilibrio con la elasticidad. Los cuerpos sólidos pierden su elasticidad mucho antes de romperse; así vemos que el hierro, la madera de encina y otros, que se rompen bajo la traccion de 35 y 9 quilógramos, en los dos cuerpos nombrados, por cada milimetro cuadrado de su seccion transversal, pierden esta elasticidad empleando un esfuerzo de 6 ó de 2 quilómetros respectivamente. Por último, la esperiencia nos enseña, que una varilla de hierro de un centimetro ó de 10 milímetros de lado, que representa 100 milímetros cuadrados de seccion, pierde su elasticidad con el peso longitudinal de 600 quilómetros, aun cuando para romperse necesita un esfuerzo cinco ó seis veces mayor.

La elasticidad en iguales circunstancias, parece ser diferente segun la figura del cuerpo elástico. Una masa de acero ó de madera que tenga la forma cúbica ó esferoidal, parece ser menos elástica que cuando está estendida en láminas; sin embargo, la elasticidad en este caso es la misma, aun cuando en el primer ejemplo sea menos sensible.

Todo cuerpo elástico que ha experimentado los efectos

de una fuerza cualquiera para cambiar de figura y volumen, tiende á adquirir su forma primitiva, para lo cual describe un movimiento de va-y-ven, que se llama *oscilacion*. Cuando estas oscilaciones son tan rápidas, que el observador no puede apreciarlas de un modo claro y distinto se llaman *vibraciones*.

Los físicos han imaginado diversas hipótesis para explicar satisfactoriamente los fenómenos de la elasticidad: en el dia se admite que esta propiedad depende de un arreglo especial en las moléculas del cuerpo, por el que adquiere diversa posicion de equilibrio.

Cuando las moléculas de un cuerpo se hallan en reposo las fuerzas de repulsion y atraccion estan mutuamente equilibradas; pero si sobre la superficie se hace obrar una potencia cualquiera, las moléculas inmediatas reciben el efecto de la accion mecánica y se ponen en movimiento; este se trasmite por toda la masa, de donde resulta un movimiento oscilatorio que altera el primitivo arreglo molecular, cambia ligeramente la forma exterior del cuerpo, hasta que se constituye en un nuevo estado de equilibrio. De aquí proviene que la traccion que obra sobre la primera capa ó disco de un sólido que tenga, por ejemplo, la figura prismática ó cilíndrica, se propaga por capas en toda la masa, y esta sufre una ligera prolongacion: en este caso la fuerza de cohesion disminuye de una cantidad igual á la de traccion. Pero si el sólido está espuesto á una presion mas ó menos grande, entonces la fuerza comprimente que obra desde luego sobre la primera capa, se trasmite á su interior por secciones paralelas, y la masa disminuye de volúmen: la fuerza de cohesion ha aumentado de una cantidad igual á la fuerza comprimente. Mas si la traccion ó la presion dejaran de obrar, el cuerpo haria un esfuerzo para volver á su primitivo estado y figura, en virtud de la fuerza elástica de que está dotado.

De lo dicho se infiere, que la elasticidad puede presen-

tarse bajo tres puntos de vista diferentes: 1.º dependiente del influjo de la presión, y se llamará *elasticidad de presión*; 2.º como resultado de la tracción, y se denominará *elasticidad de tracción*; y 3.º cuando vuelve sobre el eje estando un extremo fijo, y entonces se dirá *elasticidad de torsion*.

Los líquidos son tambien elásticos. Sin embargo, el estado de liquidéz solo reconoce la elasticidad de volúmen; así vemos que el agua comprimida por medio del piezómetro, vuelve á adquirir su primitivo volúmen, apenas cesa de obrar la fuerza comprimente; lo cual demuestra que este liquido está dotado de una fuerza elástica muy poderosa. Por lo que toca á la elasticidad de figura podemos asegurar, que las sustancias liquidas en virtud de la grande movilidad de que estan dotadas, apenas manifiestan señales visibles de esta propiedad.

Los gases son perfectamente elásticos. Su volúmen disminuye en virtud de una fuerza comprimente cualquiera; pero vuelven á adquirir su primitivo estado tan luego como deja de obrar el esfuerzo que les sujetaba; por esta razon se llama *fluidos elásticos*. La perfecta elasticidad que manifiesta el estado aeriforme, proviene sin duda de la continua repulsion que ejercen las moléculas para adquirir mayor volúmen, y ocupar los espacios que se les presentan, cuando la intensidad de la gravedad no obra sobre la masa.

LECCION VI.

Inercia.--Explicacion de sus leyes é influencia de esta propiedad para modificar la accion de las fuerzas.--*Movilidad.*--Explicacion de esta propiedad.--*Gravedad considerada solo como una causa de movimiento.*--*Cohesion.*--*Maleabilidad.*--*Ductilidad.*

19. Se ha llamado *inercia* á la falta de aptitud en que se encuentra la materia bruta para cambiar el estado en que se halla de reposo ó de movimiento: esta propiedad

corresponde á los cuerpos y á la materia de que estan formados. Por consiguiente, todo cuerpo tiende á conservar el estado en que se halla de reposo ó de movimiento, á no ser que una causa estraña le obligue á cambiarlo. De aquí se infiere que un cuerpo no puede comunicarse á sí propio movimiento, ni tampoco cambiar, suspender ó alterar el que hubiese recibido.

Algunos fisicos han considerado la inercia como una fuerza real, llegándola á confundir con la *pesantez*. En el dia se ha probado hasta la evidencia, que la inercia es una propiedad que manifiesta la tendencia de la materia inanimada á continuar en el estado en que se halla de quietud ó de movimiento.

Un cuerpo en reposo permanecería constantemente en este estado, si un esfuerzo cualquiera no le pusiera en movimiento; del mismo modo un cuerpo animado de un movimiento, seguiria moviéndose en virtud de la fuerza que actuó, si otra potencia no le suspendiera ó aniquilara poco á poco: tales son las resistencias que presentan los medios por donde se mueven los cuerpos.

Por otra parte, el cuerpo ora se considere en reposo ó en movimiento, hace un esfuerzo para neutralizar el efecto de la potencia que se aplicó para sacarlo del estado de reposo en que se hallaba, ó para suspender el movimiento de que estaba animado; de donde resulta una accion mútua entre la fuerza empleada y la resistencia del cuerpo.

De lo dicho se deduce, que la inercia reconoce dos leyes principales; 1.^a que un cuerpo que se mueve con cierta velocidad y direccion, conservará eternamente esta direccion y velocidad, y el movimiento será rectilíneo y uniforme, en tanto que nuevas fuerzas no lo alteren; y 2.^a que la reaccion es siempre igual y contraria á la accion.

Por esta razon cuando aplicamos un esfuerzo sobre una cantidad de materia, cualquiera que sea el estado en que se halla, no conseguimos todo el efecto útil; porque una

parte de la fuerza se emplea para neutralizar los resultados á que conduce la inercia, ya venciendo la resistencia que la materia opone para adquirir el movimiento, ya contrastando el impulso del cuerpo por el movimiento de que estaba animado.

20. Hemos visto que todos los cuerpos pueden moverse; por consiguiente llamaremos *movilidad*, la propiedad que tienen los cuerpos de poder ser trasladados de un lugar á otro, en virtud de un impulso comunicado: esta propiedad es peculiar á los cuerpos, porque no existe uno que no pueda ocupar diversas porciones del espacio.

El *reposo* y el *movimiento* son ideas simples: el reposo se llama *absoluto* cuando el cuerpo persiste en el mismo lugar del espacio, y *relativo* siempre que su posicion, con respecto á otros que se consideran como fijos, se conserva invariable: el movimiento es *absoluto* cuando el cuerpo pasa de un punto á otro del espacio, y *relativo* siempre que el cuerpo varía de posicion respecto de otro que suponemos inmóvil.

Examinando con alguna filosofía el estado de reposo de un cuerpo, se ocurre desde luego una reflexion sencilla si se quiere; pero que da lugar á consideraciones de alguna importancia. El reposo no es otra cosa que un estado de equilibrio: las fuerzas que actuan obran en direcciones opuestas, y son de igual magnitud; de modo que el movimiento queda destruido, y el reposo puede considerarse como un estado negativo. Digase lo que se quiera respecto del reposo absoluto: hablando con todo rigor se puede asegurar que no existe, porque todos los cuerpos de la naturaleza colocados en la superficie de la tierra, siguen á esta en su movimiento de rotacion; este movimiento inapreciable porque se halla combinado con el de traslacion del planeta en que vivimos, nos da una idea del reposo, tal cual debemos considerarlo.

El movimiento puede ser *rectilíneo* y *curvilíneo*: el

primero es aquel en el cual el cuerpo que se mueve describe una línea recta, y el segundo cuando recorre una línea curva. En este movimiento el cuerpo cambia á cada instante de direccion, porque entre dos puntos de una curva se pueden tirar una infinidad de tangentes; y cuando el móvil durante su movimiento ha descrito una circunferencia de círculo, se dice que ha pasado por todas las direcciones posibles. En el movimiento debe tenerse tambien presente la *lentitud* ó *rapidéz* con que se verifica, que no ha de confundirse con lo que á su tiempo llamaremos *velocidad*: se dice que el movimiento es mas lento, cuando el cuerpo que se mueve recorre menos espacio en el mismo tiempo; asidos cuerpos A y B, fig. 8, iguales en masa y volúmen, recorren las distancias cd y $c'd'$; si el cuerpo A gasta un segundo y el cuerpo B tres, se dirá que el movimiento del cuerpo B ha sido mas lento, y el de A mas rápido.

21. Si un obstáculo impide la caída de un cuerpo, este ejerce una presión igual y contraria á la resistencia que se le opone; pero apenas el cuerpo se queda libre ó abandonado á sí mismo, cuando cae hasta que se pone en contacto con la superficie de la tierra: esta propiedad lleva el nombre de *gravedad* ó *pesantez*, y es peculiar á la materia y á los cuerpos. Sin embargo, algunas sustancias, como el humo y otros cuerpos gaseosos, suben á regiones mas ó menos elevadas de la atmósfera, en razon de ser mas ligeros que el peso del volúmen de aire que desalojan.

Por consiguiente, todo cuerpo abandonado á sí mismo, es atraído por una fuerza que le impele hácia el centro de la tierra, la cual contribuye á aniquilar y destruir las leyes de la inercia; esta fuerza la hemos llamado *gravedad* ó *pesantez*. La pesantez ejerce su acción en todos los puntos del sistema del mundo, y en cualquiera profundidad del planeta en que vivimos. En las ascensiones aerostáticas se

ha observado, que el lastre que tira el aeronauta descien-
de hácia la tierra; de suerte que se puede asegurar que
los efectos de la pesantez tienen lugar en medio de la at-
mósfera que nos rodea: otro tanto se nota dentro de las
minas mas profundas, por cuya razon se dice, que la gra-
vedad es una fuerza universal, que obra sobre la materia
ponderable atrayéndola hácia el centro del esferoide ter-
restre.

La gravedad obra tambien sobre grandes masas coloca-
das á distancias considerables; así es, que por ella se man-
tienen los planetas que forman nuestro sistema en sus ór-
bitas correspondientes, y los respectivos satélites en las
que le son peculiares en razon á su planeta principal.

22. Esta tendencia que se observa en todos los cuer-
pos, cualquiera que sea su masa y distancia, de dirigirse
los unos hácia los otros, lleva en fisica el nombre de *atracc-*
cion.

Cuando la atraccion tiene lugar entre las partículas de
los cuerpos á distancias inconmensurables, se llama *atracc-*
cion quimica, y si se verifica con grandes masas colocadas
á distancias considerables, se denomina *gravitacion* ó
atraccion planetaria. La atraccion quimica se divide en *co-*
hesion, siempre que tiene lugar entre átomos homogéneos,
y en *fuerza de combinacion*, cuando los átomos son hete-
rogéneos. La atraccion planetaria se presenta entre los cuer-
pos celestes; de tal manera, que el sol atrae á todos los
demás planetas que componen su sistema, y recíprocamen-
te es atraído por ellos. La intensidad de esta accion es pro-
porcional á la masa, y está en razon inversa del cuadrado
de la distancia. La atraccion que tiene lugar entre nuestro
planeta y los cuerpos que se hallan en su atmósfera, la he-
mos llamado *gravedad* ó *pesantez*.

23. La fuerza de cohesion es la que determina la *du-*
reza de los cuerpos; así vemos que los mas duros son
aquellos que están provistos de mayor fuerza de cohesion.

La dureza es por lo tanto una propiedad relativa, que varia segun los medios que empleamos para ensayarla; generalmente se usa el rozamiento de un cuerpo duro, por cuya razon decimos, el fósforo se raya con la uña, el vidrio con el diamante. El diamante es el cuerpo mas duro de cuantos se hallan en la naturaleza.

24. Cuando los cuerpos sólidos se sujetan á la accion de la traccion ó de la presion, adquieren nuevas propiedades en virtud de las modificaciones que experimentan las moléculas, sin que estas se separen á pesar de que las nuevas fuerzas ejerzan su accion mas allá del limite de la elasticidad. Esto constituye la *ductilidad* y la *maleabilidad* segun los medios puestos en juego para aplicar aquellas fuerzas.

Se llama *ductilidad* á la facultad que tienen ciertos cuerpos de dejarse estirar en hilos por medio de la hilera; y *maleabilidad* á la facultad de estenderse en láminas cuando se baten con el martillo ó se pasan por el laminador. La tenacidad es aquella propiedad que tienen los cuerpos dúctiles, cuando están reducidos á hilos, de sostener pesos mas ó menos grandes. Dos ó mas hilos de diferentes sustancias, pero del mismo diámetro, el mas tenaz será aquel que puede mantener mayor peso sin romperse.

25. Algunos fisicos admiten tambien como propiedad general, la *figurabilidad*. La figura de un cuerpo ó su forma exterior, reconoce por limites la estension; los cuales no son otros que las diferentes superficies que tiene el cuerpo: estas superficies varian por el número, la magnitud, disposicion y figura. La naturaleza nos presenta ciertos cuerpos con formas regulares, que derivan de un tipo geométrico, las que se conocen con el nombre de *cristales*. Los cristales se dividen en *cristales de forma simple* y de *forma compuesta*, y en estos últimos se reconoce casi siempre la figura simple llamada *dominante*, porque se halla mas desenvuelta; y las formas *secundarias* cuyas facetas reciben el nombre de *facetas* ó *caras modificantes*.

Mécanica de sólidos.

LECCION VII.

Explicacion de lo que entendemos por fuerza, de lo que se dá el nombre de resultante y de componentes. - Diferentes casos que concurren en el problema general de la composicion de fuerzas.

26. La mecánica de los cuerpos sólidos abraza las leyes del equilibrio y las del movimiento de estos cuerpos, lo cual constituye la *estática* y la *dinámica*.

La *estática* se ocupa de investigar y dar á conocer las condiciones del equilibrio de los cuerpos sólidos, y la *dinámica* tiene por objeto determinar las leyes que siguen estos cuerpos en sus movimientos, cuando no se han llenado las condiciones indispensables para el equilibrio.

La mecánica de los flúidos comprende la *hidrostática* y la *hidrodinámica*, de que nos ocuparemos mas adelante.

27. Cuando un cuerpo en movimiento es trasportado de un lugar á otro del espacio, ó se halla detenido durante aquel movimiento, se reconoce siempre un *agente* de impulsión en el primer caso, y de detención ó retardo en el segundo, el cual lleva el nombre de *fuerza*. En este supuesto se llaman *fuerzas* á los diversos agentes que actúan sobre los cuerpos, produciendo ó tendiendo á producir movimiento, ó retardando y suspendiendo el que ya tuvieron.

Las fuerzas pueden dividirse en *fuerzas de impulsión* y *fuerzas de retardo ó resistencia*: las primeras comunican ó tienden á comunicar movimiento, y las segundas neutralizan su acción procurando restablecer el equilibrio. Con efecto, para que la traslación del cuerpo de un punto á otro del espacio tenga lugar y varíe de posición relativa, el agente ha de obrar sobre la cantidad de materia que constituye su masa, venciendo la resistencia que natural-

mente opone; por consiguiente se nota desde luego un *hecho real*, que es la traslacion del cuerpo, y este hecho reconoce otra causa evidente, la cual forma el agente que hemos denominado *fuerza de impulsión*. Un cuerpo puesto ya en movimiento por una fuerza cualquiera, pierde poco á poco este movimiento, ó le suspende instantáneamente; y la pérdida y la suspension son hechos reales, que reconocen asimismo un agente que designamos con el nombre de *fuerza de retardo* ó de *resistencia*.

Las fuerzas pueden considerarse como magnitudes, y por consiguiente son susceptibles de aumentar y disminuir: bajo este punto de vista, las fuerzas entran en el dominio de las matemáticas. Una fuerza queda determinada cuando se dá su *dirección*, su *intensidad* y el *punto de aplicacion*.

28. Se dice que un cuerpo se halla en *equilibrio*, cuando las fuerzas que le solicitan, siendo de igual magnitud, obran en direcciones opuestas; de suerte que si el cuerpo A, fig. 9, se halla solicitado en la dirección AB por una fuerza representada por la línea AB; pero al propio tiempo otra fuerza igual lo atrae según la dirección AC, el cuerpo A permanecerá en equilibrio: el equilibrio puede establecerse cualquiera que sea el número é intensidad de las fuerzas, con tal que actuen en sentido contrario y se compensen mutuamente.

Un cuerpo conservará tambien el estado de equilibrio, si las fuerzas que le solicitan se neutralizan por alguna resistencia, en cuyo caso se destruyen recíprocamente. Si el cuerpo A, fig. 10, se suspende de un hilo AB, cuyo extremo B está fijo en un punto resistente, dicho cuerpo A permanecerá en equilibrio. En este caso los efectos de la pesantez que lo impulsan á descender, se destruyen por la resistencia del hilo y del punto de suspension. Sin embargo, débese advertir que ciertos cuerpos, como los globos aereostáticos, los peces, etc. se ponen en equilibrio dentro de los fluidos que les rodean: estos fenómenos dependen de cir-

cunstancias que examinaremos en otro lugar. El equilibrio no debe confundirse con el *reposo*: en el primero existen varias fuerzas que obran en direcciones opuestas, al paso que para el segundo no se necesita ningun agente que actue sobre la materia.

29. Si las fuerzas que solicitan á la vez á un cuerpo en direcciones diversas, son de diferente magnitud ó intensidad, el cuerpo seguirá un camino determinado por la accion de la fuerza mayor; esta direccion se conoce con el nombre de *resultante* del sistema. El conjunto de fuerzas que concurren á producir un determinado efecto, se llama *sistema de fuerzas*, y las fuerzas que contribuyen á componer un sistema se denominan *componentes*.

30. De lo dicho se deduce fácilmente, que un cuerpo solicitado por una sola fuerza capaz de vencer la resistencia de la materia, no podrá permanecer en el estado de equilibrio.

Las fuerzas que obran en una misma línea son paralelas, ó su intensidad se manifiesta en sentido convergente: en este caso se hallan situadas en un mismo plano ó en planos diferentes, lo cual constituye los distintos casos que se presentan en la composicion de las fuerzas.

Leccion VIII.

Determinacion de la resultante en las fuerzas concurrentes cuando se hallan situadas en un mismo plano.

31. Cuando un cuerpo está solicitado por una fuerza de conocida magnitud, capaz de vencer la resistencia de la materia, sigue el efecto de la impulsión, y se dice que la fuerza es simple; pero si dos fuerzas de igual intensidad obran en sentido opuesto, el cuerpo queda en equilibrio, segun lo que hemos demostrado en la leccion anterior. Mas cuando estas dos fuerzas se reunen para contribuir á

un mismo fin, es decir, cuando se las hace obrar en la misma direccion, se obtiene una resultante igual á la suma de las fuerzas componentes: en cuyo caso suele decirse, que la fuerza es doble, triple, cuádruple, etc. segun han sido dos, tres ó cuatro las fuerzas que han contribuido á formar la resultante final. Es de advertir, que las voces de fuerza doble, triple, cuádruple, etc. son relativas á la unidad que sirvió de tipo, porque desde el instante que dos ó mas fuerzas se reunen para actuar en un mismo sentido y direccion, se confunden entre si, y solo se consigue una fuerza única de mayor magnitud representada por la resultante final.

Mas si las fuerzas que actuan sobre un cuerpo, siendo de diferente magnitud, obrasen en una misma línea, pero en direcciones opuestas, en tonces la resultante seria igual á la diferencia de dichas fuerzas. En este caso, la fuerza mayor se descompone en dos; una igual á la menor que queda destruida por su influencia, y otra representada por el exceso, en virtud del cual el cuerpo se mueve.

Segun esto, la resultante de un número cualquiera de fuerzas que obran en la direccion de una misma línea y en sentido opuesto, es igual á la suma de las fuerzas que actuan en una direccion dada, menos la suma de las que se dirijen en la direccion opuesta, y el cuerpo sigue en el sentido de la mayor suma, con una intensidad representada por aquella diferencia.

32. Si un cuerpo colocado en un punto dado, se halla solicitado á la vez por la accion de dos ó mas fuerzas situadas en un mismo plano, pero en direcciones convergentes, el cuerpo tomará un solo movimiento, representado por una fuerza de determinada intensidad y direccion: esta fuerza, que llamaremos *resultante*, estará representada por la diagonal de un paralelógramo construido sobre las líneas proporcionales á estas fuerzas, y tomadas en su misma direccion.

Con efecto, si un móvil A, fig. 11, se halla solicitado á la vez por dos fuerzas, una en la direccion A B y otra segun representa A C, es evidente que dicho móvil no podrá seguir ninguna de las direcciones espuestas, sino que recorrerá una línea dada, la cual estará determinada en virtud de las dos fuerzas. Si con la direccion é intensidad de dichas fuerzas, construimos el paralelógramo A B D C, y se tira la diagonal A D, esta línea representará la direccion que habrá tomado el móvil, y por consiguiente será la *resultante* de las dos fuerzas primitivas A B y A C. Este es el principio fundamental de la estática conocido con el nombre de *paralelógramo de las fuerzas*.

33. Toda vez que se haya comprendido el paralelógramo de las fuerzas, nada mas fácil que reducir la accion combinada de un número cualquiera de motores que obran sobre un cuerpo en direcciones convergentes, siempre que se hallan situadas en un mismo plano. En este caso se principia á construir un paralelógramo con las dos primeras fuerzas, luego con la diagonal que resulta y la tercera se obtiene otro paralelógramo, y así succesivamente hasta llegar á la última diagonal, la cual representa la *resultante final*.

Sean las fuerzas P, P', P'' y P''', fig. 12, situadas sobre un plano, las cuales actuan á la vez sobre el cuerpo A. Las dos primeras dan el paralelógramo A P R P' cuya diagonal es A R: esta y la fuerza P'' forman otro paralelógramo A R S P'', que tiene por resultante A S; la cual con la última fuerza P''' se constituye A S Z P''', que da por diagonal A Z, que será la *resultante final*, é indicará la direccion que seguirá el cuerpo A. Aquí se concibe desde luego, que el sistema va disminuyendo el número de fuerzas, hasta quedar reducido á una de las cuatro primitivas, y la resultante de las anteriores. Podrá suceder que las fuerzas que actuan no esten sobre el mismo plano, en cuyo caso habrá que construir un sólido geométrico

son un número determinado de motores, buscar la diagonal, la cual será la resultante, y con esta y otra nueva fuerza continuar hasta que se haya hallado la resultante final.

34. En todo paralelogramo construido con la dirección é intensidad de dos fuerzas que obran sobre un móvil, la magnitud de la resultante dependerá del valor de las fuerzas componentes y de su mayor ó menor convergencia. Con efecto, cuando las fuerzas obran en distintas direcciones angulares, se nota una tendencia á destruirse en parte ó á unirse para contribuir al fin propuesto; lo cual se consigue segun el valor del ángulo que forman: si las fuerzas que actuan son de igual intensidad, cuanto mayor sea el valor del ángulo, mas se aproximarán á la recta, y por consiguiente su tendencia será la de destruirse mutuamente; al paso que cuanto menor sea el valor de dicho ángulo, mas tenderán á unirse para formar un solo motor; de donde se infiere, que el valor de la resultante aumentará ó disminuirá á medida que aumente ó disminuya el valor del ángulo que forman las dos fuerzas.

Para probar este principio, considéranse dos fuerzas $A B$ y $A C$, fig. 13, que obran en el cuerpo A en las expresadas direcciones, y sobre las cuales constrúyese el paralelogramo $A B D C$, del cual es resultante la diagonal $A D$. Ahora bien, si las dos primitivas fuerzas conservan su intensidad, y obran bajo un ángulo mayor, segun manifiestan las direcciones $A B'$ y $A C'$ y $A B''$ y $A C''$, se obtendrán por construccion los dos paralelogramos $A B' D' C'$ y $A B'' D'' C''$, de los que $A D'$ y $A D''$ son sus respectivas resultantes; donde se vé que estas dos diagonales van disminuyendo á medida que aumenta el valor del ángulo de las dos fuerzas, pudiendo llegar el caso de que este valor sea tan grande, que los motores actuen bajo una misma línea y en direcciones opuestas; entonces siguen las reglas que hemos dado anteriormente.

35. Cuando un sistema de fuerzas obra sobre un mismo punto y llegan á equilibrarse, cada una de ellas se puede considerar como igual y directamente opuesta á la resultante de todas las demás. Con efecto, si las fuerzas A, B, C, D, fig. 14, que actúan sobre el cuerpo x se equilibran aplicando al sistema una sola fuerza P igual y contraria á A, las fuerzas P y A quedarán en equilibrio, conservándose solamente las tres restantes B, C y D.

Mas como las cuatro fuerzas A, B, C y D estaban en equilibrio, resulta que A se equilibró con las otras tres, y con la P; luego P produce el mismo efecto que A, C y D, y por consiguiente será su resultante; pero como P es igual y directamente opuesta á A, se deduce que A es igual y directamente opuesta á la resultante de las demás.

36. Si de un punto cualquiera L, fig. 15, tomado sobre una parte de la direccion M C, se tiran las perpendiculares L P, L P', las magnitudes de estas líneas estarán siempre en razon inversa de la intensidad de las fuerzas. De suerte, que si representamos la fuerza M F, por una intensidad igual á 7, y la fuerza M F' por 5, se tendrá que $L P : L P' :: 5 : 7$. De donde resulta, que multiplicando M F por L P se obtiene 35, del mismo modo que multiplicando M F' por L P'. En general, el producto de una fuerza por la perpendicular bajada de un punto cualquiera de su direccion, se llama *momento estático* de la fuerza con relacion á este punto.

37. La resultante de tres fuerzas A, B, C que actúan sobre el cuerpo P, fig. 16, y cuyas direcciones no se hallan en un mismo plano, estará representada en magnitud y direccion por la diagonal de un paralelógramo construido sobre las partes de las direcciones de las fuerzas que manifiestan sus respectivas magnitudes.

Así se vé que las fuerzas P A, P B y P C que actúan sobre el cuerpo P, pero en distinto plano, dan el paralelepípedo P C B A x . La resultante m de las dos fuerzas C y B

estará representada por la diagonal PO del paralelogramo $PCOB$; y como Ox es igual á PA , la figura $POxA$ es tambien un paralelogramo. Luego la diagonal Px de este paralelogramo ó del paralelepípedo, representará la resultante de las tres fuerzas A , B y C .

38. Si se pretende conocer las componentes de una fuerza única considerada como resultante, el problema será indeterminado; porque toda recta puede ser diagonal de un número infinito de paralelogramos.

Sea OP , fig. 17, la direccion de una fuerza dada aplicada al punto C , y cuya intensidad está representada por OF ; sean OA y OB las dos direcciones en que se las quiere descomponer; no habrá mas que tirar por el punto F las rectas Ff , Ff' paralelas á estas direcciones, y las partes Of , Of' representarán las intensidades de las componentes.

LECCION IX.

Determinacion de la resultante de las fuerzas cuando van en un mismo sentido.

39. Si un móvil A , fig. 18, se halla solicitado en la direccion AA' por las dos fuerzas paralelas AB y $A'B'$, seguirá la direccion de la resultante, que será igual á la suma si las dos fuerzas obran en el mismo sentido. De suerte que la resultante de B y B' será la fuerza M paralela á ellas, lo cual dará $M=B+B'$. El punto de aplicacion que se llama *centro de las fuerzas paralelas*, se halla sobre la recta AA' , y la divide en partes proporcionales á las fuerzas; de modo que $AM : MA' :: B' : B$; de donde resulta, $AM \times B' = MA' \times B$.

En las fuerzas paralelas que obran en una misma direccion, la resultante es siempre igual á la suma de dichas fuerzas, cualquiera que sea la distancia á que puede hallarse su punto de union.

Supongamos las fuerzas P y Q , fig. 19, que dan la resultante R , igual á la suma de ellas; estas darán $GF=FE$ y $GF+FE=GE$, y como GF y FE representan las componentes de PQ , el motor R será por lo tanto igual á la suma de las dos fuerzas P y Q .

40. La resultante de muchas fuerzas paralelas situadas en un mismo plano, es igual á la suma de dichas fuerzas. Para hallar esta resultante final se empieza buscando la resultante de dos fuerzas componentes, luego con esta y otra fuerza se halla otra nueva resultante, y se sigue de este modo hasta llegar al fin propuesto.

Sean las fuerzas P, P', P'', P''' , que actúan sobre los puntos A, B, C, D , fig. 20. Las dos fuerzas P y P' dan por resultante R , la cual por lo dicho es paralela á ellas; de donde resulta $P+P'=R$. Y como R y P'' son paralelas entre sí, darán la resultante R' que será igual á $R+P''=R'$; ó bien $R'=P+P'+P''$. La resultante R' es paralela como P''' , lo cual da R'' ; luego $R''=R'+P'''$, ó lo que es lo mismo $P+P'+P''+P'''=R''$ que es la resultante final.

El mismo resultado se obtiene cuando los motores obran sobre diferentes planos; de suerte que la acción se verifica de dos en dos, hasta encontrar la resultante final.

En la práctica se puede reducir un número cualquiera de fuerzas paralelas situadas en diferentes planos, á tres solos motores; de los cuales dos serán paralelos á dos líneas que formen entre sí un ángulo recto, y el tercero será perpendicular al plano que pasa por estas dos líneas.

41. Si las fuerzas dadas girasen en el espacio al rededor de un punto de aplicación conservando siempre su paralelismo, la resultante no cambiará de intensidad ni de centro, y su dirección será paralela á la nueva dirección de las fuerzas.

Con efecto, si las fuerzas P, P', P'' , fig. 21, se dirigen según las líneas $MA, M'A'$ y $M''A''$, se tendrá, que las dos primeras fuerzas P y P' darán la resultante R , que será

igual á $P+P'$. Con esta resultante y la fuerza P'' se tendrá la resultante R' , igual á $R+P''$; pero como P'' obra en sentido contrario á P y P' , y además suponemos que $P'' > P + P'$, resulta que si las fuerzas P, P', P'' giran al derredor de sus puntos de aplicacion M, M', M'' , y toman las nuevas direcciones paralelas $Ma, M'a'$ y $M''a''$, la resultante de las dos primeras fuerzas P y P' encontrará á la recta MM' en el mismo punto x en que antes la halló; por que su posicion solo depende de la relacion de las componentes, y de la distancia de sus puntos de aplicacion. Por la misma razon la resultante R' se hallará siempre en la prolongacion de xx' y en el mismo punto x' ; luego la resultante que debe ser igual á la suma algebraica de las componentes y paralela á ellas, no alterará su magnitud absoluta, y deberá girar al derredor de su punto de aplicacion del mismo modo que lo hicieron las componentes.

42. Dada una fuerza, se puede descomponer en otras tantas fuerzas paralelas cuantas se desea, iguales dos á dos y simétricamente colocadas. Supongamos para ello una fuerza P , fig. 22, que actua sobre el punto O de la recta AB , la cual debemos descomponer en un número de fuerzas iguales entre sí, y colocadas dos á dos de un modo simétrico. Para ello basta descomponer el valor de P en sumandos iguales, que estarán representados por las líneas S, S', S'', S''' y X, X', X'', X''' , de las que cada una será una fuerza, iguales entre sí y puestas dos á dos simétricamente.

43. Se llaman *momentos* de una fuerza, al producto que resulta de multiplicar las componentes por las distancias al punto de aplicacion de la resultante.

En la teoría de los momentos se pueden presentar los casos siguientes.

1.º Cuando tres fuerzas se hallan en equilibrio, el momento de la resultante es igual á la suma ó á la diferencia de los momentos de las componentes, segun que el punto á que se refieren dichos momentos se halla fuera ó dentro

del ángulo formado por la direccion de aquellas componentes.

2.° Si un número cualquiera de fuerzas obra en un mismo plano, y los momentos se refieren á un punto tomado en este plano, la suma de todos ellos es igual al momento de la resultante.

3.° Cuando el punto á que se refieren los momentos se halla en la direccion de la resultante, el momento de este, y por consiguiente la suma de los momentos de las fuerzas, es igual á cero: esta proposicion es una consecuencia de la anterior.

4.° Si dos fuerzas dirigidas por un mismo plano obran sobre un cuerpo capaz de girar alrededor de un eje perpendicular á dicho plano, el momento de la resultante del punto en que se corta la perpendicular con el plano, es igual á la suma ó á la diferencia de los momentos de dos componentes, segun que tienden á que el cuerpo gire en el mismo sentido ó en sentido contrario.

5.° Si dos fuerzas que obran en un mismo plano, tienden á que un cuerpo gire en sentido contrario alrededor de un eje perpendicular á dicho plano y supuesto inmóvil, se establecerá el equilibrio si los momentos de las fuerzas con relacion al punto en que se encuentra el eje con el plano son iguales.

6.° Si un número cualquiera de fuerzas obra en un mismo plano tendiendo á que un cuerpo gire en derredor de un eje perpendicular á él, y los momentos se refieren en el punto á que se encuentra el eje con el plano, habrá equilibrio alderredor del eje, si la suma de los momentos es igual á cero; para ello se toman como positivos todos los que se dirigen hácia un mismo sentido, y negativos los que tienden en sentido opuesto.

7.° Si un número cualquiera de fuerzas obra sobre planos paralelos entre sí, tienden á que el cuerpo gire al rededor de un eje perpendicular á estos planos, á los cuales

se refieren los momentos; en este caso habrá equilibrio alrededor del eje, si la suma de los momentos es igual á cero.

LECCION X.

Determinacion de la resultante de las fuerzas paralelas cuando van en sentidos opuestos.--Pares de fuerzas.

44. Si las fuerzas paralelas aplicadas sobre los puntos A y B, fig. 23, obran en sentido contrario, la resultante es siempre paralela á los componentes; pero como los motores actuan en direcciones opuestas, esta resultante será igual á la diferencia, y el móvil se dirigirá en el sentido de la mayor. En este caso el punto de aplicacion no se halla sobre la recta que une los dos puntos AB, sino que debe buscarse en la prolongacion de esta linea y por el costado de la fuerza mayor: esto dará $MA : AB :: P : P'$; de donde resulta, que las distancias de los puntos A y B son recíprocamente proporcionales á las fuerzas.

Mas si estas dos fuerzas fuesen iguales, no habria resultante, porque se destruirian mutuamente, y el efecto seria igual á cero. En este caso, si bien el móvil no adquiriria un movimiento de traslacion, lo tomaria de rotacion en derredor de un eje, como si solo actuase una fuerza dada.

45. Las fuerzas paralelas componentes aun cuando no cambien su direccion, con tal que conserven la misma intensidad y paralelismo, darán una resultante que será igual á la que hubieran dado en su primitiva posicion; pero que habrá cambiado de direccion: sin embargo, por un principio del cálculo, todas las líneas vienen á concurrir en un punto dado ó de aplicacion, que hemos llamado centro de las fuerzas paralelas.

46. Cuando dos fuerzas iguales y paralelas obran en sentido contrario, constituyen un *par de fuerzas* ó una

pareja: la resultante de toda pareja es igual á *cero*, aun cuando el sistema no esté en equilibrio. Este es un caso particular, en el cual dos fuerzas no pueden ser reemplazadas por una sola.

47. Siempre que el sistema de fuerzas paralelas constase de muchos motores, se buscará la resultante final de todos aquellos que actúan en una misma dirección, y luego la de los que obran en la dirección opuesta, y el sistema quedará reducido á solo dos fuerzas, que ejercerán su influencia en sentido contrario; de suerte que el problema queda reducido á una fuerza que llamamos resultante, ó bien á un solo par de fuerzas.

LECCION XI.

Aplicacion de las fuerzas paralelas á la investigacion del centro de gravedad, y determinacion de este punto en los diferentes cuerpos.—Explicacion de las diferentes clases de equilibrio relativamente á esta cuestion.

48. Segun lo que hemos manifestado (21), todo cuerpo pesado puede considerarse como un conjunto de un número infinito de átomos materiales, de los cuales cada uno se halla solicitado por la *pesantez* hácia el centro de la tierra. Este descenso se verifica siguiendo una línea normal á la superficie terrestre que lleva el nombre de *vertical*, la que está representada en todos los puntos del esferoide en que vivimos, por la dirección del hilo á plomo llamado vulgarmente *plomada*.

La dirección de este hilo cuando el cuerpo que sostiene está en quietud, se halla precisamente en la de la fuerza que actúa, es decir, de la *pesantez*; y como esta fuerza ejerce su acción sobre cada una de las partes materiales de que se compone el cuerpo, resulta que dichas fuerzas pueden considerarse como paralelas, puesto que la magnitud del radio terrestre, relativamente á las dimensiones del cuerpo, hace inapreciable los valores de los ángulos

que hacen las fuerzas entre sí; de suerte, que las direcciones que imprime la pesantez sobre cada una de las partículas materiales de un cuerpo, son paralelas en toda la estension del mismo cuerpo, y la resultante de estas diferentes acciones, es lo que forma el *peso* del cuerpo. De ahí se sigue, que cuando un cuerpo adquiere sucesivamente diversas posiciones con relacion á la direccion de estas fuerzas, la resultante pasa siempre por un mismo punto: este punto, que hemos llamado *centro de las fuerzas paralelas*, toma ahora el nombre de *centro de gravedad*.

Para hallar la direccion de la gravedad se emplean las masas liquidas que constituyen los mares, por cuya razon se dice que *la direccion de la gravedad, es perpendicular á la superficie de las aguas tranquilas*. Algunos consideran la direccion de la gravedad como perpendicular á la superficie de la tierra, en cuyo caso suponen una superficie ideal, la cual se llama *superficie de la tierra*, de nivel ú horizontal; y como es igual en cualquier punto donde se observa, resulta que la direccion de la gravedad puede buscarse donde quiera que se encuentre un depósito de agua cualquiera. De estos principios se deduce, que todas las direcciones de la gravedad concurren hácia el centro de la tierra, porque todas las perpendiculares de una superficie esférica pasan por el centro.

50. El *peso* de un cuerpo es la resultante de todas las acciones elementales que la gravedad ó pesantez comunica. Esta definicion se deduce naturalmente al considerar, que si un cuerpo pesado encuentra en su caida un obstáculo que le detenga, este obstáculo sufrirá la presion propia del cuerpo, la cual queda destruida á la vez por la resistencia que le opone: esta resistencia puede ser igual ó mayor que la presion del cuerpo. En fisica no debe confundirse la *pesantez* con el *peso* de un cuerpo: la primera es una fuerza elemental que solicita á cada uno de los átomos ponderables á un centro de accion, y el segundo,

como antes dijimos, es la suma ó resultante de las acciones que la pesantez comunica ; los pesos de los cuerpos son proporcionales á sus masas.

51. De ahí podemos deducir, que *pesar un cuerpo* no es otra cosa , que medir una fuerza representada por la resultante de las acciones paralelas que la gravedad comunica á cada átomo ponderable de que está formado. Y como la accion de la gravedad es variable segun la latitud á que se observa y la altura sobre la superficie de la tierra, resulta que el peso de un cuerpo no es una cantidad constante. Los cuerpos pesan menos en el ecuador que en los polos.

En el lenguaje vulgar pesar un cuerpo, es compararlo con una unidad que se toma como punto de comparacion. En España sirve de unidad la libra de Castilla, que equivale á 16 onzas ; para la ciencia se ha admitido el *gramo*, el cual no es otra cosa que el peso de un centimetro cúbico de agua destilada y hervida á $+4.^{\circ}$,108 de la escala centigrada. De suerte, que *el peso absoluto de un cuerpo* se dará á conocer, marcando los gramos y fracciones de gramo que necesita para ponerse en equilibrio.

52. Los cuerpos pueden ser homogéneos y heterogéneos: en el primer caso donde la densidad es constante, la figura y el volúmen no varian, y el centro de gravedad no tiene mas que una sola posicion: entonces se llama *centro de gravedad y de figura*. En el segundo, es decir, cuando la densidad es variable, el centro de gravedad depende de la variacion de esta densidad, y entonces lleva el nombre *de centro de gravedad y de masa*.

El centro de gravedad y de figura de todos los cuerpos simétricos con relacion á un plano ó á un eje, está dentro de este plano ó en el mismo eje: en el primer caso, se supone que el plano es paralelo á la direccion de la pesantez, y entonces las porciones del cuerpo que se hallan alrededor de este punto estarán en equilibrio. En el segun-

do, el cuerpo debe hallarse en equilibrio alderredor del eje en cualquiera posicion que se coloque, porque si suponemos un plano vertical que corta el cuerpo en la direccion del eje, lo dividirá en dos partes iguales y semejantes.

Cuando los centros de gravedad de muchos cuerpos se hallan sobre una recta, el centro de gravedad del sistema está tambien en esta misma línea.

53. El centro de gravedad se puede encontrar por medios directos: basta suspender el cuerpo por un hilo de un punto a , fig. 24, atar el extremo opuesto de un clavo, y cuando esté en reposo prolongar la línea hasta el punto r , cuya línea representa el hilo á plomo. El centro de gravedad estará en la direccion vertical ar . Para encontrarlo basta practicar la misma operacion cogiendo el cuerpo por el punto x , prolongar la línea xr' , y el punto en que se cruzan formando ángulos rectos, es el centro de gravedad de dicho cuerpo.

Para buscar el centro de gravedad en los cuerpos que tengan una figura irregular, hay necesidad de volverlos sobre sus aristas; pero cuando esta figura es regular, se emplean medios geométricos, suponiendo que los cuerpos son homogéneos.

Línea recta, tiene el centro de gravedad en medio de su longitud.

El cilindro de bases paralelas, le tiene en medio de su eje.

El paralelógramo tiene dicho centro en la interseccion de las diagonales.

El círculo, la circunferencia y el anillo comprendido entre dos circunferencias concéntricas, tienen el centro de gravedad en el centro.

El triángulo le tiene en la línea que de la base va á parar en el vértice opuesto: para encontrarle si tiran línea paralela á la base, luego otra que cortando aquellas en dos partes vaya á parar al vértice, y con esta construc-

cion se consiguen pequeños paralelógramos que son los que dan á conocer aquel punto.

El polígono debe descomponerse en triángulos, y una vez hallado el centro de gravedad de cada uno, se consideran las fuerzas aplicadas á los centros de gravedad de dichos triángulos, como proporcionales á sus superficies; luego se busca la resultante, y el punto de aplicacion en esta resultante será el centro de gravedad.

La pirámide triangular tiene el centro de gravedad sobre una línea, que desde el centro de la base va á parar en la cúspide: esto se prueba por medio de secciones inscritas y circunscritas.

El poliedro se descompone en pirámides, como el polígono en triángulos.

El cono debe representarse como una pirámide.

Finalmente, la esfera tiene el centro de gravedad en el centro.

54. Del conociimiento del centro de gravedad se deducen las leyes del equilibrio: el equilibrio puede ser *indiferente, estable é inestable*. Se llama *indiferente* cuando el punto de apoyo pasa por el centro de gravedad: se dice que es *estable* siempre que el cuerpo se halla solicitado por la pesantez y tiende á ponerse en quilibrio, en cuyo caso se necesita de un esfuerzo para separarle de su direccion; y se considera como *inestable*, cuando el cuerpo se sostiene sobre un punto por razones matemáticas. El equilibrio estable ó inestable se diferencian entre si de un modo esencial, porque el primero tiende á adquirir por movimientos oscilatórios su perdida posicion, y el segundo describe una circunferencia de círculo al menor esfuerzo que obra sobre el cuerpo, sin que pueda volver á adquirir su primitiva posicion, tendiendo á pararse bajo el eje de suspension, segun los principios del equilibrio estable. De lo dicho se infiere, que un cuerpo suspendido por un eje resistente, puede presentar los tres estados de equi-

librio segun la posicion que ocupa el centro de gravedad.

En el hombre el centro de gravedad pasa por la parte inferior de la cavidad de la *gran pelvis* ; así es, que en las diferentes posiciones en que se coloca el cuerpo humano , hay necesidad de inclinarse hácia adelante ó hácia atrás, para que la direccion de su centro de gravedad pase por la base de sustentacion que determina lo posicion de los piés. Hay algunas torres, como las de Bolonia y Pisa, que se hallan separadas de la vertical, y parece que amenazan ruina ; en ellas el centro de gravedad pasa por el centro de la base.

De lo dicho se deduce, que un cuerpo que insiste sobre su *base de sustentacion*, estará tanto mas firme cuanto mayor sea esta base, la cual siendo regular, el cuerpo tendrá su *máximo* de estabilidad, siempre que la vertical tirada por el centro de gravedad pase por el centro de la base.

LECCION XII.

Ideas generales sobre las máquinas, y clasificacion de las mismas segun el apoyo ú obstáculo sobre que insisten.

55. Llámase *máquina* á todo instrumento ó aparato mas ó menos complicado, por medio del cual se trasmite la accion de un agente á otro cuerpo que no está en su direccion. Las máquinas pueden ser simples y compuestas: las primeras son aquellas donde la fuerza se trasmite inmediatamente al cuerpo ó resistencia; y las segundas son todas las que resultan de combinar varias de las simples, y su número y las aplicaciones que de ellas se hacen no tiene límites.

En toda máquina hay que tener presente cuatro cosas , á saber; la potencia ó motor, la resistencia que debe vencer, el punto de apoyo y el centro de gravedad. La potencia y la resistencia son dos fuerzas que obran en direcciones

opuestas; la máquina, pues, que es el agente intermedio, tiende siempre á aumentar la potencia, á fin de conseguir la mayor cantidad posible. Sin embargo debo advertir, que las máquinas nunca dan un efecto mayor que el que corresponde á la potencia empleada, sino que por su mediacion se consigue que esta no se difunda ni se pierda con los rozamientos y otras causas accidentales.

56. El punto de apoyo sobre que insisten las máquinas simples, puede hallarse en tres diferentes casos: 1.º ser un punto imperceptible alrededor del cual actúe la potencia y la resistencia; 2.º estar representado por una línea; y 3.º ser un plano ó superficie. De aquí resulta, que las máquinas simples pueden dividirse segun sea el obstáculo sobre que insisten; con lo cual se consigue una clasificación natural adoptada por muchos fisicos: á la primera clase corresponden la *palanca* y la *polea*, á la segunda el *torno*, y á la tercera el *plano inclinado*, la *rosca* y la *cuña*.

Algunos fisicos reducen el número de máquinas simples á la palanca y al plano inclinado, y aun pudiéramos decir, que la palanca es la única máquina simple; porque todas ellas se pueden reducir á esta especie. Sin embargo, para mayor inteligencia de los principiantes, admitiremos como máquinas simples las siete que siguen; la *palanca*, la *polea*, el *torno*, el *plano inclinado*, la *cuña*, el *tornillo* y las *cuerdas* ó máquinas funiculares.

57. En las máquinas hemos admitido cuatro cosas: 1.º la *potencia* ó *motor*, que es una ó muchas fuerzas con las que se consigue una resultante, que tiende á vencer un obstáculo ó á sostener un esfuerzo. Sucede muchas veces que segun es la naturaleza de la potencia, no tiene en cada instante un mismo valor, por cuya razon debe procurarse que durante su efecto mas débil, el motor que actúa sea capaz de vencer el esfuerzo que le opone la resistencia; porque si la potencia no llena esta condicion importante, la máquina se parará.

2.ª La *resistencia* es otra fuerza representada por los obstáculos que se oponen al movimiento de la máquina, los cuales deben dar una resultante menor que la de la potencia: la resistencia puede tener tambien un valor variable, en cuyo caso ha de procurarse que el esfuerzo durante su momento mas fuerte, sea menor que el de la potencia en su instante mas débil.

3.ª El *punto de apoyo*, hemos indicado ya (56) que es la parte alrededor del cual insiste la máquina.

4.ª El *centro de gravedad* en toda máquina, es el punto alrededor del que estan en equilibrio todas las fuerzas verticales que solicitan á las moléculas ponderables de que se compone la máquina; de suerte, que en virtud de la pesantez, la máquina neutraliza una parte de la potencia empleada. El centro de gravedad no se halla en el punto de apoyo, porque este varia con la clase á que pertenece la máquina y las funciones á que se destina; al paso que aquel es un punto *invariable* que siempre es el mismo para un mismo aparato.

58. Para que una máquina se ponga en movimiento, es necesario que la fuerza ó potencia ejerza su accion á cada instante, porque de otro modo su efecto será intermitente, ó cesará de todo punto. Esto se concibe con facilidad: la máquina adquiere un movimiento por la accion de la fuerza que actua, cuyo movimiento se difunde por toda ella, ó es absorbido por los rozamientos y la resistencia que ha de vencer. Los motores que se emplean para poner una máquina en accion son cuatro; la fuerza expansiva del vapor, las caidas de agua, la impulsión de los vientos, y finalmente, la resistencia muscular en el hombre y los animales. En el dia podíamos añadir como motores la fuerza elástica del aire comprimido, y la electricidad debida al contacto.

59. La unidad *dinámica* ó *dinamia*, se representa generalmente por un peso de 1000 quilógramos ó un métro

cúbico de agua destilada, elevada á 1 metro de altura en 1"; ó bien por un quilógramo, cuando la máquina es de pequeñas dimensiones. En las máquinas de vapor, esta unidad se indica por la *fuerza de un caballo*, lo cual conduce á resultados poco exactos.

Para representar el esfuerzo dinámico de una máquina, se busca el peso que puede levantar en un tiempo dado á una altura conocida. Representando este peso por P , la altura por a , el tiempo que dura este ascenso por t y el efecto dinámico por x , se tendrá la fórmula $x = \frac{P \times a}{t}$

60. Se dice que una máquina se halla en equilibrio, cuando la potencia es igual á la resistencia. En las máquinas simples el equilibrio se restablece tan luego como la fuerza empleada para un efecto dado, halla un obstáculo que la contraresta; pero cuando la máquina es compuesta hay que considerar la razon de la potencia á la resistencia á que tiene lugar el equilibrio, lo cual es el resultado de todas las razones que se obtendrian con cada una de las máquinas simples consideradas aisladamente.

LECCION XIII.

Leyes del equilibrio en la palanca. — Explicacion de la balanza comun y de la romana. — Sistemas de palancas.

61. La *palanca* es una barra inflexible de figura recta, curva ó angular, que gira al rededor de un punto fijo llamado *punto de apoyo*. En la palanca se aplica generalmente la potencia y la resistencia en los extremos; de modo que las distancias entre el punto de apoyo y aquellas dos fuerzas, se llaman *brazos de la palanca*.

Como el punto de apoyo cambia de posicion segun el uso á que se destina la palanca, resulta que la potencia aumenta ó disminuye lo mismo que la resistencia, segun

la colocacion de aquel punto. Así en la palanca AB, fig. 25, si el punto de apoyo p se halla equidistante de la potencia y la resistencia, tendremos, que $P : R :: Ap : pB$; pero cuando el punto de apoyo se coloca mas hácia A, como en p' , entonces la resistencia es mayor, lo cual exige una potencia mas grande.

62. En toda palanca para que se restablezca el equilibrio, es indispensable que la potencia sea igual á la resistencia mas el frote que se verifica sobre el eje. Si la palanca solo puede girar en un plano que pasa por el punto de apoyo A, fig. 26, es necesario que la potencia P y la resistencia Q se hallen situadas en el mismo plano; porque de otro modo, los rozamientos aumentarían la resistencia: mas como la resultante debe destruirse por la resistencia que le ofrece el punto fijo, y como al propio tiempo debe pasar por él, resulta que su momento respecto de este punto es nulo. Esto exige que el momento de la potencia P, sea igual á la suma de los momentos de la resistencia Q y del rozamiento $f. N$, el cual es proporcional á estas dos fuerzas. Ahora bien, designando por r el radio que describe el eje, se tendrá $P \times AM = Q \times AM' + r. f. N$.

Cuando una sola fuerza obra sobre una palanca no puede establecerse el equilibrio, á no ser que se prolongue hasta hacerla pasar por el punto de apoyo; pero si son dos las fuerzas que obran sobre la palanca, y sus direcciones están en sentido opuesto, entonces habrá lugar al equilibrio.

63. Hay tres géneros ó especies de palancas, segun la disposicion en que se halla el punto de apoyo, y la aplicacion de la potencia y la resistencia. Cuando el punto de apoyo está entre la potencia y la resistencia, la palanca es de primer género; en este caso estan las balanzas, las tijeras, alicates, tenazas y otra multitud de instrumentos que se emplean en las artes: la fig. 25 representa una palanca de primer género.

Si el punto de apoyo está situado á un extremo de la palanca, ó bien si la resistencia se halla entre la potencia y el punto de apoyo, como $P \text{ --- } R \text{ --- } C$, la palanca es de segundo género, fig. 27. Ultimamente, si el punto de apoyo está en un extremo, y la potencia se halla entre este y la resistencia, como $C \text{ --- } P \text{ --- } R$, entonces la palanca será de tercer género, fig. 28.

64. La fuerza de toda palanca está fundada en el siguiente principio: *el arco descrito por cada punto de una palanca, es como la distancia entre este y el punto de apoyo*. De suerte, que una pequeña potencia aplicada á un brazo de palanca proporcionalmente muy largo, podrá levantar un peso escesivamente grande. Por esto decia Arquímedes *da punctum cælum terramque movebo*.

En la palanca de primer género la potencia puede ser mayor, menor ó igual á la resistencia; en la de segundo la potencia es siempre menor que la resistencia, y en la de tercero la potencia se perjudica notablemente, cuando la resistencia es mayor: esta clase de palanca es la que generalmente usa la naturaleza en el reino animal.

65. La *balanza* no es otra cosa que una palanca de primer género: se conoce la *balanza comun* en la que el punto de apoyo se halla equidistante de la potencia y la resistencia, y la *romana* cuando el punto de apoyo está mas próximo á un extremo. La balanza comun se compone de una vara metálica llamada *cruz*, cuyo centro lleva una aguja á la que se da el nombre de *fiel*, la cual puede oscilar libremente en derredor de un eje fijo: de los extremos de la cruz estan suspendidos dos platillos destinados á recibir los cuerpos que deben equilibrarse. El fiel se halla colocado en la *alcoba*, y sirve para manifestar cual de los platillos pesa mas.

Para los usos delicados se emplea una balanza capaz de perder el equilibrio, estando cargada de un quilógramo en cada platillo, con la diferencia de un miligramo. Esta

balanza reúne las condiciones que siguen: 1.^a la flecha ó barra horizontal tiene una cuchilla de acero templado que gira sobre un plano de ágata, por cuyo medio se disminuyen los rozamientos; 2.^a los platillos se unen con la barra por medio de un gancho, y en los extremos de aquella hay otros dos fieles; los puntos que deben rozar están contruidos con acero templado; 3.^a para evitar que el eje se apoye en el plano cuando la balanza no actúa, se emplean unas horquillas, por medio de las que se suspende la barra: un arco de círculo colocado frente del fiel, y dividido en un número convencional de partes iguales, acaba de completar el instrumento, y da á conocer cuando el fiel se separa de su posición vertical.

El centro de gravedad se halla siempre en la dirección de la vertical que pasa por el eje; pero su colocación es de la mayor importancia para que la balanza ofrezca todas las seguridades posibles. Este centro puede estar situado sobre el punto de suspensión, en el mismo punto ó debajo de él: en el primer caso el equilibrio resulta inestable y la balanza es inconstante; en el segundo el equilibrio es indiferente, por cuya razón se establece en cualquiera posición, tal se demuestra con la balanza de Roberval; y en el tercero el equilibrio es estable y puede conseguirse después de un número mas ó menos grande de oscilaciones, que dependerán según que dicho punto está situado mas ó menos bajo del centro de suspensión. Por consiguiente, si el equilibrio no se halla perfectamente establecido, y la diferencia apreciable en la balanza es de un miligramo, la flecha se dirigirá hacia el platillo mas pesado, y la inclinación del platillo será tanto mayor, cuanto menor sea la distancia que haya por debajo el punto de suspensión. En las balanzas bien contruidas se vé además un tornillo, por cuyo medio se arregla el centro de gravedad.

En la imposibilidad de construir una balanza que tenga los brazos matemáticamente iguales, se ha recurrido para

las operaciones que exigen de grande exactitud, al método de las *dobles pesadas* ó de los pesos *por sustitucion*. Este método consiste en equilibrar los cuerpos con arena ú otra sustancia cualquiera, y luego sustituir las pesas correspondientes. En el comercio circulan varias balanzas con los nombres de sus autores, cuya exactitud es tanto mayor, cuanto mas se aproximan á las condiciones arriba dichas.

66. La *romana* es otra especie de palanca de primer género, cuyos brazos son desiguales. Consiste en una barra x, fig. 29, que gira al derredor de un punto C; el brazo corto recibe el peso P que se suspende de la estremidad A, y el brazo largo B tiene un peso constante Q que le sirve de contrapeso, y corre á lo largo de él. Para que el equilibrio se restablezca, es necesario que las dos fuerzas P y Q pasen por el punto fijo C, y den $P \times AC = Q \times BC$: de donde resulta, $BC = \frac{P}{Q} \times AC$.

Ahora bien, si el pilon Q pesa, por ejemplo, 1 quilógramo, y el cuerpo P pesa 1, 2, 3, 4, 5, etc. el equilibrio con el peso fijo ó pilon se establecerá á las distancias AC, 2AC, 3AC, 4AC, 5AC, etc. De suerte, que la division de una romana se limita á trazar sobre el brazo largo, un número de divisiones iguales cada una á la que representa el brazo corto: si este es de un centímetro, las divisiones vendrán representadas en centímetros, si de una línea, estarán indicadas en líneas.

67. En la práctica se emplean varios sistemas de palancas, que deben considerarse como máquinas compuestas. En ellas la potencia es á la resistencia, como el producto de los brazos cortos de todas ellas, es al de los brazos largos. Si representamos cada brazo corto por 1 y por 4 los brazos largos, siendo el sistema de tres palancas, el producto en el primer caso será uno, y 64 en el segundo: luego la potencia es á la resistencia, como 1 : 64; esto proviene de lo que dijimos anteriormente (60).

LECCION XIV.

Leyes del equilibrio en la polea.--Diversas disposiciones de las mismas.--Medios de calcular la relacion entre la potencia y la resistencia de esta máquina.

68. Se llama *polea* ó *garrucha*, á un cilindro poco grueso de madera ó de metal, que se mueve en derredor de un eje, y en cuya superficie exterior tiene una hendidura semicircular conocida con el nombre de *garganta*, *carril* ó *cagera*, por donde pasa una cuerda. La polea puede ser fija y móvil: es fija cuando su movimiento se verifica alderredor de un eje, fig. 30; y móvil cuando además de este movimiento puede trasladarse de un punto á otro, fig. 31.

El eje de la polea sale un poco por las dos caras y se apoya en una armadura convenientemente dispuesta, de tal manera, que la polea puede girar con toda libertad.

La polea fija, unas veces tiene el centro sobre que gira sin movimiento, fig. 32, y otras lo está la chapa de la armadura; en cuyo caso la polea puede moverse en diferentes posiciones, fig. 33.

En ambos casos la potencia y la resistencia ejercen su accion en los puntos E y D, y la resultante de las tensiones en dichos puntos, es igual á la carga que obra sobre el centro C. Ahora bien, la palanca angular, fig. 34, ECD construida con los radios EC y CD, por suponer que la potencia P y la resistencia R ejercen su accion en E y D, dará $P : R :: CD : CE$; y como $CD = CE$ por radios de un mismo círculo, resulta que $P = R$.

De aquí se infiere, que en la polea fija se establece el equilibrio cuando la potencia es igual á la resistencia.

69. En la polea móvil cambian completamente las condiciones de la potencia, de la resistencia y del punto

de apoyo. Aquí le potencia se halla en P, fig. 35, la resistencia en R y el punto de apoyo en C. Si por lo dicho anteriormente, trasladamos estos tres puntos en P'R'C', tendremos que $P : R :: C' R' : C' P'$. De donde resulta, que en la polea móvil la potencia es á la resistencia, como el radio de la polea es á la cuerda del arco que abraza el cordón.

La polea bien sea fija ó móvil puede tener los cordones paralelos, en cuyo caso la cuerda ED en la fig. 34, y la P'C' en la fig. 35, serán los diámetros de las respectivas poleas: entonces la proporcion en la polea móvil anterior, dará $R=2P$; lo cual indica que una fuerza dada P, se equilibra con una resistencia doble: este es el caso mas favorable que puede presentar la polea en sus aplicaciones.

70. De lo dicho se deducen las dos leyes siguientes:
 1.^a La potencia y la resistencia, en toda polea fija, estarán en equilibrio cuando su accion sobre el eje es á la carga que sustenta, como el radio es al doble coseno de la mitad del ángulo formado por sus direcciones.

2.^a En toda polea móvil, la potencia y la resistencia, suponiéndolas en equilibrio, son entre sí como el radio es al doble del coseno del ángulo formado con sus direcciones.

71. La polea puede considerarse como un conjunto de varias palancas de primer género, cuyo punto de apoyo es comun á todas ellas, y se halla en el eje sobre que el plano hace su revolucion.

De ahí se infiere, que esta máquina no proporciona grandes ventajas en su aplicacion mecánica, y que únicamente se emplea con alguna utilidad, para cambiar la direccion de la potencia y hacerla obrar de un modo mas cómodo y estenso.

72. Las poleas fijas y movibles se combinan de diversos modos para formar varios sistemas de poleas.

Al conjunto que resulta de esta clase de combinaciones, se llama *trócula*, *polipastos* ó *aparejos*; distinguiéndose entre sí por el número de poleas que contiene; así se dice trócula de dos poleas, de tres ó de n poleas.

En las tróculas compuestas de una polea fija y otras móviles, la potencia se halla favorecida por la disposición del paralelismo que existe entre los extremos de las cuerdas. Con efecto, supongamos el sistema de poleas A, B, C, D, fig. 36, de las cuales solo D se halla fija. La resistencia R está unida con la armadura de la primera polea A, y según la disposición de las cuerdas el valor de R se dividirá por iguales partes entre a y b , es decir, que la mitad de su peso estará sostenido por el punto de suspensión del cordón a y la otra mitad por el cordón b : la masa R gravitará pues, sobre la polea B con una intensidad representada por la mitad ó $\frac{R}{2}$.

La polea B por iguales razones dividirá la resistencia que sobre ella actúa en dos partes, de suerte que sobre la polea C obrará un peso igual á la cuarta parte ó $\frac{R}{4}$. Finalmente, dividida la cantidad que se halla aquí por cociente, entre los dos cordones paralelos de la polea D, tendremos que la potencia P representada por la octava parte ó $\frac{R}{8}$,

será suficiente para que se restablezca el equilibrio. Ahora bien, si suponemos que la resistencia R es igual á 8, la polea A sostiene dicho peso, la B solo 4, la C tendrá 2; y la D solo 1. De aquí podemos deducir el siguiente principio: *la potencia es á la resistencia, como la unidad es al número dos elevado á una potencia, cuyo esponente está representado por el número de poleas móviles.*

En la fig. 36, donde hemos supuesto que el número de poleas móviles es igual á 3, la potencia *debe ser* á la resistencia, *como* la unidad al número dos elevado á la tercera potencia; y como 2 elevado á la tercera potencia es

igual á 8, la potencia *es* á la resistencia como 1 : 8 ; de donde resulta que el equilibrio quedará restablecido cuando R sea igual á 8 y P igual á 1.

73. Los aparejos reales no son otra cosa que tróculas con un número de poleas mas ó menos grande, y que obran en virtud de lo que acabamos de esponer. Estas poleas estan montadas en unas mismas *armas*, y rara vez se emplean mas de tres. No cabe duda que aumentando el número de potencias adquiriría otra tanta fuerza; pero en la práctica se renuncia á semejantes ventajas, porque los obstáculos son mucho mayores; así es que el rozamiento es mas considerable, aumenta la rigidez de las cuerdas y se hace mayor la dificultad de doblarse y recorrer las gargantas de todas las poleas. Sin embargo, se han disminuido estos inconvenientes de un modo notable, dando á las tróculas igual diámetro, y montándolas sobre un mismo eje, para que guarden entre sí la direccion paralela. fig. 37.

LECCION XV.

Condiciones para el equilibrio del torno.--Necesidad indispensable de la rueda espresa ó suplida.--Ruedas dentadas, medios de disponerlas y aplicaciones mas dotables á que dan lugar.--Cric ó gato.

74. El *torno* es un cilindro, en cuyo eje se hallan dos piñones, para que pueda girar sobre dos mortajas abiertas convenientemente en los puntos de apoyo. Este cilindro está provisto de una rueda ó de barras que lo atraviesan perpendicularmente á su eje, de manivelas colocadas en dicho eje y muchas veces de dos de estas cosas á la par.

El motor se halla en unos casos á la estremidad del radio de la rueda, en otros á la longitud de las barras, ó en fin está en los manúbríos. Además, una cuerda fija por uno de sus extremos en la superficie del cilindro, va arrollándose á medida que actua la potencia, y lleva en el estre-

mo opuesto la resistencia que se pretende vencer; por este medio el esfuerzo que se opone á la accion que la potencia imprime á la máquina, va acercándose poco á poco hasta llegar á ponerse en contacto con ella.

El torno se conoce con este nombre, cuando el eje del cilindro se halla en posicion horizontal, y se llama *cabestante* cuando el eje del cilindro es vertical. El torno ó el cabestante reciben además nombres diferentes, segun el uso á que se destinan, con el cual se incluye una construccion mas ó menos complicada; por esta razon se conoce el torno minero, el torno comun, la cábria de artilleria, el cabestante propiamente dicho, etc.

75. En el torno se establece el equilibrio, cuando la potencia es á la resistencia, como el radio del círculo es al radio de la rueda. Este principio es una consecuencia de la demostracion que dimos hablando de la polea (69).

Con efecto, sea ABC, fig. 38, la circunferencia de la rueda de un torno, y DEF el torno ó cilindro. Si la potencia P que obra en H, extremo del radio oH , se dirige segun HP perpendicular á este radio, actuará con toda su intensidad y se tendrá para el equilibrio $P : R :: oE : oH$; pero si la potencia cambia de direccion y de perpendicular pasa á ser oblicua, entonces disminuye su intensidad cualquiera que sea el ángulo que forma el radio.

Para probar la verdad de esta proposicion, supongamos que la potencia haga con el radio oH el ángulo agudo oHG segun la direccion HG; en este caso $HG:HP:: \text{sen}B: \text{sen}Z$; representando por B el seno del ángulo de direccion y por Z el seno total.

Con efecto, la fuerza que actua sobre el punto H en la direccion HG, equivale á obrar directamente sobre el punto G en la direccion perpendicular GC; mientras que si ejerce su accion en el punto H lo verifica en la HP, la cual obra como si estuviera aplicada en el punto I, con la direccion Ip' por ser $Io = oH$ por radios de un mismo círcu-

lo. Ahora bien, si la fuerza que actúa en H se traslada al punto I según la dirección Ip' , y la que obra en H oblicuamente pasa á G con la dirección GH, se tendrá que $G : I :: oG : oI$; siendo oG el seno del ángulo de dirección GHo , y oI el radio ó seno total. Lo mismo demostraríamos si la potencia formase con el radio un ángulo obtuso.

76. El torno tiene precisa necesidad de la rueda suplida ó espresa, y aun cuando en muchos casos esta rueda no tiene la figura de tal, está suplida con palancas ó barras, manúbrios y manivelas dispuestas del modo más favorable. El cabestante, por ejemplo, está provisto de estas barras ó palancas.

Los manúbrios ó cigüeñas favorecen la potencia hasta cierto punto, porque no se puede prolongar el brazo más allá de un límite dado. No obstante, como al dar la vuelta la cigüeña, la fuerza no es igual en todos los puntos de la circunferencia que describe, resulta que debe ponerse el mayor cuidado en colocar las dos cigüeñas de tal manera, que cuando la una sube por el esfuerzo debido á la potencia, baje la otra: con esta acción alternada se establece una mútua compensación, y los efectos de la fuerza son más regulares y uniformes.

Para componer un sistema de tornos se combinan varias de estas máquinas, de tal manera, que la potencia aplicada á la primera rueda, trasmite el movimiento al cilindro de la segunda, de este pasa á la rueda, y así sucesivamente hasta el último torno, cuyo cilindro lleva la resistencia. En este sistema, la potencia es á la resistencia, como el producto de los radios de los cilindros es al producto de los radios de las ruedas.

77. Se llaman *ruedas dentadas*, á una especie de tornos que obran unos sobre otros, por medio de filetes ó dientes que se engranan ó engargantan entre sí. Estas ruedas unas veces no son otra cosa que cilindros de poca al-

tura, contruidos con madera ó sustancias metálicas, en cuyo espesor estan los dientes ó filetes; otras tienen la figura piramidal ó cónica, sus dientes se hallan alrededor de la altura, y tienen la forma de un espiral; y en fin, las hay que los dientes ó hendiduras estan en una de sus caras: todas estas disposiciones dependen del uso á que se distinan. Las ruedas dentadas giran alrededor de un eje, ó bien este hace parte integrante de la rueda, y gira sobre una superficie curva que la sirve de punto de apoyo.

Sobre el eje se halla el *piñon*, que debe considerarse como otra rueda de menor diámetro: los dientes del piñon se llaman *alas*. Por consiguiente en las ruedas dentadas, *la potencia es á la resistencia, como el producto de los radios de los piñones es al de los radios de las ruedas*.

78. La trasmision del movimiento circular se verifica muchas veces por medio de cadenas ó cuerdas que giran en tambores apropiados; pero cuando las máquinas son de mucha potencia y hay necesidad de valerse de ruedas dentadas, estas han de satisfacer á las condiciones siguientes:

- 1.^a Que los dientes de una misma rueda sean iguales.
- 2.^a Que los espacios entre los dientes sean los mismos en cada una de las ruedas.
- 3.^a Que su forma exterior sea simétrica con relacion á la línea media de las dos ruedas.
- 4.^a Que el punto de contacto de los dientes se verifique sobre la línea media.
- 5.^a En fin, que las curvas esten bien trazadas para que las ruedas marchen con velocidades angulares, que constantemente tengan la misma relacion.

79. El *cric* ó *gato*, se compone de una barra metálica provista de dientes por uno de sus costados, que se mueve dentro de una caja, en sentido de la longitud. Los dientes de la barra engranan con los de un piñon que gira sobre su eje por medio de un manúbrio donde actua la poten-

cia. Cuando se hace subir la barra imprimiendo al manúbrio un movimiento de rotacion, se levantan los pesos colocados en la parte superior de la máquina, que deben considerarse como la resistencia; de donde se deduce, que la potencia es á la resistencia, como el radio del piñon es al brazo del manúbrio. Por consiguiente, si el radio del piñon es muy pequeño con relacion al que corresponde al manúbrio, se consigue una gran ventaja de parte del motor, y entonces con una fuerza mediana se pueden levantar grandes pesos.

Algunas veces tiene el cric una rosca sin fin, por medio de la cual se aumenta notablemente el valor de la potencia: este tornillo gira con el manúbrio en su eje, y los filetes engranan con los dientes del piñon: con esta sencilla modificacion se consigue vencer grandes resistencias. Los gatos que se usan en las casas de postas, diligencias, galeas, etc. estan contruidos de este modo.

LECCION XVI.

Condiciones para el equilibrio de los cuerpos en planos inclinados.--Idem de la cuña.

80. Se conoce con el nombre de *plano inclinado* todo aquel cuya posicion con el horizonte forma un ángulo agudo. Para esplicar de un modo satisfactorio las condiciones para el equilibrio de los cuerpos en esta máquina, concibase un plano cualquiera, fig. 39, cortado perpendicularmente á sus caras horizontales, y segun la linea AB que representa su mayor inclinacion. Cualquiera que sea la prolongacion de este plano, podemos definir las 3 partes de que consta, sin mas que atender á la inclinacion: AC es la base, BC la altura y AB la longitud. Supongamos que el cuerpo pesado P, se halla sobre este plano, y que G es el centro de gravedad; para que se establezca el equilibrio entre el cuerpo y el plano, es necesario que la resultante de su

peso pase por uno de los puntos de la base sobre que el cuerpo se apoya, y además que esta resultante sea perpendicular al plano. Mas como la accion de la pesantez tiene lugar en el sentido vertical, y el plano se halla mas ó menos enclinado, no es muy fácil que la resultante sea siempre perpendicular á dicho plano, sino que falta con mucha frecuencia á estas condiciones.

De aquí se infiere, que la accion de aquella fuerza debe descomponerse en dos; una perpendicular que se destruye por la resistencia, y otra paralela al plano, la cual obra sobre el cuerpo, haciéndolo mover ó descender segun la longitud de dicho plano.

Ademas debe notarse, que si la vertical del centro de gravedad encuentra el interior de la base de apoyo del cuerpo, este se desliza suavemente sobre la longitud del plano; al paso que el cuerpo rueda si aquella vertical se halla fuera de la base. Esto es lo que sucede con la esfera *P*, en la que la vertical pasa siempre por fuera de su punto de apoyo *m*. Supongamos que una fuerza *p*, fig. 40, paralela al plano se oponga al descenso de la esfera *P*; el cuerpo quedará en equilibrio bajo la accion de las dos fuerzas *p* y *P*, y su resultante *GM* será perpendicular á *AB* pasando á la vez por el punto de apoyo *m*. Sentado esto, supongamos que *GM* es la intensidad de esta resultante, la cual dará el paralelógramo *GG'MN*; de tal manera, que los lados $GG' = MN$ representan la fuerza vertical *P*, y *GN* la fuerza *p* paralela á *AB*. Mas el triángulo *GMN*, es semejante al triángulo *ABC*; pues *GM* y *MN* son perpendiculares á *AB* y á *AC*, siendo ademas rectángulo uno en *G* y otro en *C*; luego tendremos, $GN : MN :: BC : AB$; ó bien $p : P :: BC : AB$.

De donde resulta, que la fuerza paralela al plano que sostiene el cuerpo *es á su peso, como la altura del plano es á su longitud*. De modo que, $p = P \times \frac{BC}{AB}$

81. Pero si la fuerza *p* lejos de obrar paralelamente al

plano actúa en sentido horizontal, y obra como la potencia que impide á una tuerca descender por la longitud de un tornillo, tendremos que GM , fig. 41, será la resultante de la pesantez y de la fuerza p , la cual será perpendicular á AB : el triángulo GMN que representa las dos fuerzas que solicitan al cuerpo y su resultante, será igual al triángulo ABC ; pero como GN es perpendicular á BC , y el ángulo recto del primer triángulo se halla en N , tendremos que, $GN : MN :: BC : AC$; ó bien $p : P :: BC : AC$; lo cual manifiesta que la fuerza horizontal que sostiene el cuerpo sobre el plano, es al peso del cuerpo, como la altura del plano es á su base; ó bien que, $p = P \times \frac{BC}{AC}$.

Aquí se hecha de ver, que en el valor de p , el numerador es igual en ambos casos, y proporcional á la altura del plano; pero que el denominador no es otra cosa que el costado del plano paralelo á la fuerza aplicada.

82. La cuña es un plano inclinado que se aproxima á un prisma triangular, construido con cualquier cuerpo duro, puntiagudo por un extremo y provisto de un plano en el opuesto que se llama base ó *cabeza*. La cuña es simple cuando su perfil se puede representar por un triángulo rectángulo, como ABC , fig. 42; y doble siempre que resulta de dos prismas rectangulares unidos por su altura, como $ABcD$, fig. 43. La cuña se emplea comunmente para alzar los cuerpos, ó separarlos y dividirlos; en cuyo caso se apoya por sus costados sobre dos puntos a y b , fig. 44, de la sustancia que divide. Supongamos que la potencia F que obra en sentido perpendicular á la base de la cuña AB , la hace descender venciendo las resistencias que la materia opone al movimiento de la máquina; estas resistencias deben ser respectivamente perpendiculares á las superficies sobre que se verifican, y pasan además por los puntos en que dichas superficies se hallan en contacto. De esta manera la cuña experimenta la acción de dos resisten-

cias Q y R aplicadas á los costados AC y BC.

La fuerza F con la cual se equilibran estas resistencias, es igual y directamente opuesta á su resultante; y como esta debe pasar por los puntos de concurso de las dos fuerzas Q y R, de ahí se infiere, que las tres fuerzas que actúan F, Q y R se cortarán en un punto: de otro modo la cuña tomaria una direccion distinta é impropia de la que tiene la potencia en virtud del objeto que se propone el operador.

En fin, toda vez que se hayan dado estas resistencias, la diagonal del paralelógramo construido sobre sus intensidades en el punto de concurso, dará la intensidad de la fuerza F aplicada perpendicularmente á la base de la cuña. Ahora bien, tomando en la direccion Q desde el punto O, una fuerza representada por la línea Om , y trazando por m la perpendicular $BC=mn$ ó igual á la intensidad R, se obtendrá un triángulo Omn , cuyos lados estarán representados por las resistencias Q y R, y el tercero On dará á conocer su resultante igual á la potencia F, que es tambien igual y directamente opuesta á dichas resistencias. El triángulo Omn , es semejante al triángulo ABC, porque sus lados son respectivamente perpendiculares, y el ángulo en m igual al ángulo en C; el ángulo mnO es igual al ángulo B, y en fin el ángulo mOn igual al ángulo A; de donde resulta, que los lados On y AB opuestos á estos ángulos son homólogos, lo mismo que los lados mO y AC, y los mn y BC: luego se tendrá que, $On : mO : mn :: AB : AC : BC$; ó reemplazando las magnitudes On , mO y mn por las respectivas fuerzas F, Q y R, resulta que, $F : Q : R :: AB : AC : BC$; lo cual indica, que en el equilibrio de la cuña, la potencia perpendicular á la base, y las resistencias perpendiculares á los lados, son proporcionales á esta base y á estos lados.

LECCION XVII.

Generacion del tornillo y leyes para el equilibrio en el mismo.--Esplicacion del tornillo sin fin.--De las cuerdas ó máquinas funiculares.

83. El *tornillo* ó *rosca* es una máquina que consta de dos piezas; una que se llama *tornillo*, y la otra *tuerca* ó *matriz*. El tornillo es un cilindro recto rodeado de un borde ó filete saliente, en el cual el primer intervalo se halla entre dos revoluciones que se repiten en toda su longitud, fig. 45. La *tuerca* es un sólido que contiene un plano espiral encerrado en los contornos de un agujero, de manera que los pasos del tornillo se corresponden con los planos cóncavos de la tuerca. En esta clase de máquinas unas veces el tornillo gira y la tuerca está fija, y en otras la tuerca se mueve al derredor del tornillo.

84. Para formarse una idea de la generacion de la rosca cuyos filetes sean cuadrados, represéntase un cilindro macizo BCED, fig. 46, á base circular, la cual lleva el nombre de núcleo, siendo AA' el eje. Si en un punto de la superficie se fija un rectángulo *abcd*, y se le hace girar al derredor del eje, el rectángulo engendrará un anillo mientras permanezca á la misma altura. Pero si al tiempo de un movimiento de rotacion se le obliga á descender á lo largo del eje por cantidades proporcionales á los arcos descritos, ó bien si para cada cuarto de revolucion desciende de un cuarto de la altura vertical que el perfil recorre durante una revolucion, se tendrá lo que se llama un filete cuadrado saliente sobre el núcleo. Cada una de las cúspides del rectángulo, ha descrito una curva que se llama *hélice*; la cual tiene la propiedad, que cuando uno de sus puntos se elije para que sirva de origen, las alturas de los que se hallan sobre el primero con relacion á la curva ó á su proyeccion en un plano horizontal cualquiera,

están entre sí como los arcos descritos horizontalmente partiendo del punto de origen que se eligió.

85. Se llama *paso del tornillo* á la altura á que se ha elevado el perfil, despues de haber recorrido una circunferencia al rededor del eje AA'; esta altura se mide tambien por el intervalo aa' , comprendido entre la superficie superior de los filetes consecutivos. Cada superficie superior consta de varias hélices, que todas tienen el mismo paso; pero como pertenecen á cilindros que tienen distintos radios, resulta que la trazada sobre el núcleo tiene el radio menor, al paso que el radio mayor pertenece á la hélice engendrada por la cúspide exterior a del rectángulo.

86. Bien sea que un tornillo se mueva teniendo fija la tuerca, bien porque el tornillo esté fijo y se mueva la tuerca, podemos representar por F la potencia, y por Q la resistencia que ha de vencer; la primera debe obrar en el plano del movimiento de su palanca, y perpendicularmente al eje de este movimiento, como sucede con el torno, y su trabajo debe ser igual al de la resistencia que se ha producido en el mismo tiempo. Nótese que cuando esta potencia se eleva de cierta altura, su punto de aplicacion debe recorrer tambien un arco mas ó menos grande, y que en virtud de la propiedad del tornillo, la relacion entre estas dos cantidades es siempre la misma al cabo de un tiempo cualquiera, sea cual fuere la altura á que se ha subido la resistencia y el arco descrito por la potencia, mientras que dicha altura y arcos sean simultáneos. Por consiguiente, fácil nos será dar á conocer lo que sucede durante una revolucion completa. La potencia ha descrito una circunferencia, mientras que la resistencia se ha elevado de un paso del tornillo; si llamamos h á la altura de este paso, y R la distancia del punto de aplicacion de la potencia al eje, h y $2\pi R$ serán los caminos descritos por la resistencia Q y por la potencia F en sus propias direcciones. Así, $F \times 2\pi R$ es el trabajo de la potencia, y $Q \times h$

el de la resistencia despues de una revolucion completa; de donde resulta, que prescindiendo de los rozamientos, se tendrá como condicion para el equilibrio; $F \times 2\pi R = Q \times h$; ó bien $F : Q :: h : 2\pi R$; lo cual indica que la potencia es á la resistencia, como el paso del tornillo, es á la circunferencia descrita, por el punto de aplicacion de la potencia.

87. Las grandes roscas llamadas *husillos* que se usan en las prensas, tienen siempre los filetes triangulares, fig. 47; su generacion solo difiere de la anterior por la circunstancia de ser aquí un triángulo isóceles *abc*, del cual la base *cb* está unida al núcleo.

El equilibrio en esta rosca se obtiene por medio del cálculo, teniendo en consideracion la hélice media del filete triangular, y el mayor rozamiento que tienen estas máquinas. En esta clase de roscas, la potencia es mas de cuatro veces y media lo que debiera ser, si los rozamientos no fuesen tan grandes.

88. La *rosca sin fin* consta de una rosca ó tornillo con los filetes cuadrados, los cuales engranan continuamente con los dientes de una rueda dentada: en esta máquina la potencia es á la resistencia, como el paso de la rosca multiplicada por el radio del cilindro, es al radio de la rueda multiplicada por la circunferencia que describe la potencia.

89. Las *cuerdas ó máquinas funiculares* son unos cuerpos flexibles y prolongados, contruidos con sustancias orgánicas é inorgánicas preparadas por la torsion. En las cuerdas hay que considerar la resistencia que oponen á plegarse, el roce cuando corren por la garganta de una polea, y la fuerza de tension para que no se rompan por la resistencia que oponen los pesos que han de sustentar. Segun el uso para que se destinan, las cuerdas se construyen con lino, cañamo, pita, esparto, seda, nervios de varios animales, alambres de hierro, de laton, plata y otras sus-

tancias minerales, vejetales y animales.

Coulomb fué quien presentó la ley sobre la rigidez de las cuerdas en virtud de sus diámetros; este fisico divide las cuerdas, 1.º en blandas, secas y mojadas; 2.º en cuerdas semi-usadas ora esten secas, ora húmedas; 3.º en cuerdas embreadas; 4.º en fin, en bramantes. La rigidez de las primeras es próximamente proporcional al cuadrado de sus diámetros; la de las segundas es como la raíz cúbica del cuadrado de sus diámetros; la de las que se colocan en tercera clase, es proporcional al número de hilos del carrete de cada cuerda; y últimamente, los bramantes, torzaletes, reinales y demás hilos de esta especie, la rigidez varía proporcionalmente á su diámetro.

Leccion XVIII.

Exposicion de la influencia del rozamiento, y principios generales acerca de la cantidad de movimiento.

90. Al describir, aunque de un modo sucinto, las máquinas simples, y al dar la esplicacion de los casos de equilibrio entre la potencia y la resistencia, hemos prescindido de algunas circunstancias debidas al rozamiento y á la rigidez de las cuerdas, las cuales aumentan aquella resistencia y modifican los resultados á que conduce el cálculo.

91. En la balanza (65) hemos indicado ya, que el constructor procura que los rozamientos sean inapreciables, haciendo que la cruz termine en cuchilla, que esta esté bien templada y que gire sobre un plano de ágata ó de otro cuerpo muy duro; por este medio la sensibilidad de la balanza es mucho mayor.

92. En las poleas hay que tener en cuenta los rozamientos del eje y de las cuerdas que corren sobre su carril, los que tienden á aumentar la resistencia. Cuando estas máquinas son de pequeño diámetro, la resistencia de

la cuerda aumenta notablemente, porque su rigidez le impide que se ajuste á toda la circunferencia del cilindro.

Segun esto se nota que las cuerdas presentan una resistencia, que conspira á neutralizar la accion de la potencia: esta resistencia es; 1.º por la rigidez; 2.º por el roce. En el primer caso, segun las esperiencias de Coulomb, resulta que dado un cilindro la resistencia producida por la rigidez se compone de dos partes, de las cuales una queda constante siendo la cuerda la misma, y la otra varia proporcionalmente á la resistencia. Si suponemos que A representa la primera parte, y que $B \times R$ la segunda, siendo R la resistencia tendremos, que $A + B \times R$ será la resistencia total. Este fisico ha observado tambien, que la rigidez varia en razon inversa del diámetro del cilindro; de manera que si $A + B \times R$ es la rigidez de una cuerda alrededor de un cilindro de un metro de diámetro, $\frac{A + BR}{2R}$ será la

medida de la rigidez cuando el cilindro tenga dos metros de diámetro. Para el segundo caso debe tenerse en cuenta las circunstancias que hemos espuesto al hablar de las máquinas funiculares (89), y combinando las dos condiciones de rigidez y rozamiento, las cuales aumentan la resistencia, resulta que en el uso de la polea ha de emplearse una potencia de $\frac{1}{6}$ mayor que la indicada por el cálculo, la que se consume en la rigidez y el rozamiento de la cuerda.

93. En el plano inclinado el rozamiento es el mismo, bien sea que el cuerpo se deslice y resbale, bien que ruede girando sobre el eje. Para demostrar esta verdad, descompongamos el peso P de un cuerpo, fig. 48, en dos fuerzas, una perpendicular y otra paralela al plano de esta. Sabemos ya que $p = P \times \frac{BC}{AB}$ (80); además, mientras que esta componente es menor que la resistencia ó el roce, el cuerpo queda en reposo sobre el plano, y solo adquirirá

movimiento cuando habrá recibido la inclinacion conveniente; de modo que la componente p sea igual á la resistencia buscada, la que indicamos por F : esto nos dará,

$$F = P \times \frac{BC}{AB}.$$

De los experimentos hechos con el mayor cuidado resulta, que el rozamiento es proporcional al peso del cuerpo que se desliza, ó mejor al esfuerzo perpendicular á la superficie sobre que frota. No obstante, en la práctica se nota, que cuando se suspende el movimiento aumenta la resistencia del rozamiento.

94. Los rozamientos en el tornillo aumentan segun la clase de los filetes: el tornillo de filetes cuadrados presenta menos rozamiento que el de filetes triangulares, y por consiguiente su resistencia es menor en el primer caso que en el segundo. Con efecto, en el tornillo de filetes cuadrados se prueba por medio del cálculo, que el rozamiento consume una potencia representada por 1,92, ó casi doble del efecto útil que se obtendria directamente sobre la resistencia, si pudiera prescindirse de esta condicion; al paso que en el de filetes triangulares, la resistencia debida al roce está representada por 3,78.

95. Los rozamientos provienen de las desigualdades y escabrosidades que tienen los cuerpos que rozan; así es que á medida que desaparecen estas desigualdades, disminuye el rozamiento. En la industria se procura pulimentar las superficies de los cuerpos que han de rozar, por cuyo medio se disminuye notablemente la resistencia debida al frote. En la práctica se ha notado, que el rozamiento se rebaja siempre que se emplean cuerpos de naturaleza diferente; así se vé que cuando los ejes ó piñones de las ruedas son de hierro, las chumaceras y coginetes se construyen de bronce, y yo para un establecimiento de siderúrgica los he usado de encina bien curada, y he obtenido excelentes resultados.

Para disminuir el rozamiento se usan ciertas sustancias sólidas ó líquidas, que suavizan las superficies de contacto : el sebo, la manteca, el aceite de olivas, la oleína, la manteca de puerco batida con plombagina á la manera de ungüento, etc. se emplean para este objeto, advirtiendo que esta especie de ungüento de manteca y plombagina formado de tres partes de grasa por una de la sustancia mineral me ha producido muy buenos efectos.

96. Debiendo amoldar nuestras ideas al *programa oficial*, vamos á manifestar lo que entendemos por *cantidad de movimiento*.

Se llama *cantidad de movimiento*, al producto que resulta de multiplicar la masa por la velocidad. La cantidad de movimiento proviene de la accion ó impulso de la fuerza que ha servido para producirle, la cual se ha difundido en toda la masa, y sus partes siguen el efecto de la impulsión animadas de un movimiento comun. Por consiguiente, la accion de la fuerza es instantánea, pero su efecto debe *continuar eternamente*. Así un proyectil lanzado por la fuerza expansiva de la pólvora, correria el espacio para obedecer á el agente que le impulsó, si no encontrase de continuo obstáculos que se oponen á su curso. El móvil por lo tanto, deberia seguir la línea de impulsión segun las leyes del movimiento uniforme, y despues de un dia, un año ó un siglo, continuaria moviéndose con la misma velocidad y direccion; pero el aire, el agua, la pesantez propia de la materia y otras potencias de gran importancia se oponen á aquel efecto, y el móvil experimenta durante su curso modificaciones que le obligan á seguir una línea curva, y le hacen descender hácia la tierra.

97. Cuando una fuerza obra sobre dos móviles, les imprime velocidades que están en razon inversa de sus masas, ó de la cantidad de materia que los constituye. Este principio, que en mecánica se considera como un axioma, se prueba teniendo presente, que la fuerza impulsiva

que arrojaría á dos móviles cuyas cantidades de materia ó volúmenes siguiesen la relacion de los números 1, 2, 3, etc. comunicaría velocidades que estarían en razon de 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, etc.: de suerte, que el móvil cuya masa fuese como 10, recibiría una velocidad representada por $\frac{1}{10}$, y si aquella se manifestára por 50, la velocidad recibida sería 50 veces menor. De ahí resulta que para conocer la *cantidad de movimiento*, bastará multiplicar la masa por la velocidad; por consiguiente representando por F la fuerza, por M la masa y por V la velocidad, la cantidad de movimiento será; $F=MV$.

Si otra fuerza F' obrara sobre distinta masa M' , le comunicaría una velocidad V' , y entonces se obtendría; $F'=M'V'$: lo que daría la proporcion siguiente: $F:F'::MV:M'V'$, Pero si MV es igual á $M'V'$ se supone que las fuerzas que obran en las masas M y M' son de la misma intensidad, en cuyo caso resultará la ecuacion $MV=M'V'$; lo que dá $V'=\frac{MV}{M'}$.

De lo dicho se infieren dos principios generales; á saber, 1.º que una misma fuerza impulsiva solo puede comunicar una cantidad dada de movimiento, cualquiera que sea la masa de materia sobre que egerce su accion; y 2.º que una fuerza es doble, triple etc. de otra, cuando sobre una determinada cantidad de materia produce un efecto doble, triple, etc. que el que sirvió de unidad. De estos principios emanan las tres consecuencias siguientes: 1.ª las fuerzas son entre sí, como las cantidades de movimiento que producen; ó como los productos de multiplicar las masas por las velocidades: 2.ª para masas iguales, las fuerzas son entre sí, como las velocidades que comunican: 3.ª para velocidades iguales las fuerzas son entre sí, como las masas sobre que obran.

LECCION XIX.

Movimiento uniforme.--Determinacion de sus leyes.--Movimiento uniformemente acelerado.

98. Una fuerza cualquiera al obrar sobre un móvil, puede ejercer su accion en un instante inapreciable, ó bien actua constantemente sobre el cuerpo mientras que se halla en movimiento.

En el primer caso la fuerza se llama *instantánea*, su direccion es siempre rectilínea, y el movimiento que comunica lleva el nombre de *movimiento uniforme*: entonces el móvil recorre espacios iguales en tiempos iguales.

Para esplicar este principio basta reflexionar, que si un cuerpo puesto en movimiento, siguiendo una línea recta, recorre un espacio de 40 varas en cuatro minutos, de 20 en dos, ó de 10 en cada uno, se dirá que el movimiento de dicho cuerpo es *uniforme*; porque el espacio corrido es proporcional en todos los casos, al tiempo empleado para correrle. La relacion de este espacio y la unidad de tiempo que necesita para correrle, se llama *velocidad* del movimiento uniforme. Así se dice, que un móvil tiene la velocidad de diez, veinte ó treinta varas por cada minuto, cuando en este tiempo corre las 10, 20 ó 30 varas espresadas.

99. Desde luego notamos, que las ideas de *tiempo* y de *espacio* se hallan unidas con las de *movimiento*; lo que proporciona la ventaja de reunir estas tres cantidades *tiempo*, *espacio* y *velocidad*, á fin de compararlas entre sí. Supongamos que dos cuerpos corren igual espacio en un mismo tiempo; de ello deduciremos que el uno se mueve con tanta velocidad como el otro; pero si dicho espacio lo recorren en tiempos desiguales, desde luego sacaremos en consecuencia, que aquel que ha necesitado menos tiempo estaba animado de mayor velocidad; es decir, que las ve-

locidades estan en razon inversa de los tiempos empleados en recorrer el espacio comun.

Sea V la velocidad del primer cuerpo, y v la del segundo; T y t los tiempos empleados en recorrer el espacio comun, y se tendrá, que $V:v::t:T$; de donde resulta

$$\frac{V}{v} = \frac{t}{T}.$$

Mas si los tiempos son iguales y los espacios corridos desiguales, el cuerpo que ha recorrido mayor espacio es el que está animado de mayor velocidad, ó que las velocidades estan en razon directa de los espacios corridos en el mismo tiempo.

Si representamos estos espacios por E y e , se tendrá la proporcion $V:v::E:e$; de donde resulta que $\frac{V}{v} = \frac{E}{e}$.

En estas ecuaciones se obtiene $E=e$ para la primera, y $T=t$ para la segunda; de donde se sigue, que en general para conseguir el valor de $\frac{V}{v}$, cualquiera que sean las re-

laciones de $\frac{E}{e}$ y $\frac{T}{t}$; es necesario establecer la ecuacion

$\frac{V}{v} = \frac{E}{e} \times \frac{t}{T}$ que contiene las otras dos; es decir, que cuando el movimiento es uniforme, la relacion entre las velocidades de dos móviles, es igual á la relacion directa de los espacios que recorren, multiplicada por la relacion inversa de los tiempos que ellos emplean para correrlos.

100. Si el cuerpo que tiene la velocidad v recorre la unidad de espacio en la unidad de tiempo, entonces esta velocidad v será el término de comparacion al cual se referirán todas las demás velocidades; y se tendrá, $v=1$;

$e=1$; $t=1$: en este caso la ecuacion $\frac{V}{v} = \frac{E}{e} \times \frac{t}{T}$ se tras-

formará en $\frac{V}{1} = \frac{E}{1} \times \frac{1}{T}$; y para abreviar $V = \frac{E}{T}$.

101. En los tratados de fisica se dice en general, que *la velocidad es igual al espacio dividido por el tiempo*: pero como las tres cantidades que se enuncian no son homogéneas, tampoco pueden dividirse entre sí, resultando esta proporcion de la ecuacion que dimos á conocer. Si queremos que en el enunciado haya exactitud, diremos, *que la relacion de la velocidad de un móvil que recorre el espacio E en el tiempo T, á la velocidad de otro móvil que recorre la unidad de espacio en la unidad de tiempo, es igual á la relacion directa de los espacios, multiplicada por la razon inversa de los tiempos.*

102. En el movimiento uniforme los espacios y los tiempos pueden representarse por las coordenadas de una linea recta.

Sea la linea recta AB que se prolonga indefinidamente, fig. 49; por los puntos B y P trácense las paralelas BC y PM: supongamos que un móvil recorra el espacio BC, y consuma un número de unidades de tiempo igual al número de unidades de medida que contiene AB, entonces la linea AB representará el tiempo en la espresion de la velocidad V de este móvil, y se tendrá, $V = \frac{CB}{AB}$. Si el móvil hubiese recorrido un espacio PM en una cantidad de tiempo representada por AP, resultará por la misma razon, $V = \frac{MP}{AP}$. Luego, $\frac{CB}{AB} = \frac{MP}{AP}$; de donde se infiere, que la linea que pasa por los puntos A, C y M es una linea recta que forma con AP un ángulo cuya tangente $= \frac{BC}{AB} \times \text{rádio}$ $= BC \times \text{rádio}$; suponiendo que $AB=1$.

Por consiguiente se vé, que en el movimiento uniforme si el tiempo que ha pasado se representa por las abscisas AP, los espacios corridos estan indicados por las ordenadas PM de una linea recta, haciendo con el eje de las abscisas un ángulo del que se halla la tangente, multiplicando

el rádio de las tablas por el espacio corrido en la unidad de tiempo.

103. Cuando las fuerzas actuan constantemente sobre el cuerpo, el *movimiento es variado*; porque la accion del agente acelera el movimiento ó retarda su accion. El movimiento variado puede ser *acelerado* y *retardado*.

En esta clase de movimiento sucede muchas veces, que los cuerpos en tiempos iguales reciben aumentos iguales de velocidad, en cuyo caso se llama *movimiento uniformemente acelerado*; pero si la fuerza retardatriz disminuye tambien de cantidades iguales en tiempos iguales, el movimiento se designará con el nombre de *uniformemente retardado*.

LECCION XX.

Leyes del movimiento uniformemente acelerado y retardado deducidas del triángulo de Galileo.

104. En el movimiento uniformemente acelerado, el cuerpo recibe velocidades iguales en tiempos iguales: si un móvil A, por ejemplo, está animado en su origen de una velocidad representada por V, y recibe en cada unidad de tiempo de la fuerza aceleratriz una cantidad indicada por X, se tendrán las velocidades $V+X$; $V+2X$... $V+XT$.

Toda fuerza aceleratriz constante, comunica al móvil en una unidad de tiempo, una velocidad doble del espacio que le hizo correr en este mismo tiempo; porque el espacio corrido durante un tiempo T con un movimiento acelerado, es la mitad del que recorrería uniformemente en el mismo tiempo con la velocidad final.

105. Para apreciar como crece el espacio con relacion al tiempo, suponiendo que la velocidad es nula en su origen, debe tenerse presente, que todo espacio total corrido por un móvil, es igual á la suma de los espacios par-

ciales, siendo por lo tanto el producto de multiplicar el tiempo por la velocidad. Si por el contrario se supone que se mueve en cada unidad de tiempo con la velocidad que tiene en su origen, entonces la suma de los espacios corridos es igual á *cero*. Examinando estos dos resultados se nota una desigualdad escesiva; porque en la primera suposicion se obtiene una cantidad considerable, al paso que en la segunda es casi inapreciable, y la diferencia es tanto mayor, cuanto menor es la unidad de tiempo; cantidad real infinitamente pequeña.

106. En esta clase de movimiento se pueden presentar dos hipótesis: ó bien se puede suponer que la fuerza se halla descompuesta en un número de impulsiones, las cuales se repiten sin cesar para imprimir á la masa un movimiento uniforme; ó dividir el tiempo en instantes infinitamente pequeños pero iguales entre sí: la fuerza en este caso obrará al principio de cada instante, comunicando al móvil una velocidad mayor para abandonarle luego, hasta que vuelva á principiarse la accion de otro instante. Siendo la fuerza aceleratriz una cantidad constante, los aumentos de velocidad serán iguales, porque son iguales tambien las impulsiones en que se descompuso la fuerza total; por consiguiente, la velocidad total será igual á la suma de estos aumentos, y por lo tanto proporcional al tiempo.

Representando por T el tiempo trascurrido desde la salida del móvil, por g la velocidad que ha adquirido despues de una unidad de tiempo, por V la que tiene despues del tiempo T y por e el espacio total; tendremos las dos leyes fundamentales de este movimiento, comprendidas en las fórmulas siguientes; 1.ª $V=gT$; y 2.ª $e=\frac{gT^2}{2}$.

Esto nos prueba que en el movimiento uniformemente variado, la velocidad crece proporcionalmente al tiempo, y los espacios corridos crecen como los cuadrados de los tiempos.

107. Para la fuerza *retardatriz* se observan tambien iguales principios pero en sentido opuesto. La velocidad inicial aceleratriz de que estaba el cuerpo animado, se halla neutralizada y aun destruida por otra fuerza diferente, cuya accion se dirige á contrarestar los efectos de la primera; de suerte, que si aquella fuerza es menor que la aceleratriz, el movimiento disminuirá progresivamente; en el caso de ser igual se establecerá de nuevo el equilibrio; pero si la fuerza retardatriz fuese mayor, entonces el cuerpo volverá á su primitiva posicion, animado de una velocidad inicial en sentido contrario.

La velocidad disminuye proporcionalmente al tiempo cuando la fuerza retardatriz es constante, en cuyo caso da la ecuacion $v\beta = -gT$. Segun esto el espacio e recorrido, contado desde el punto de partida en que la velocidad es igual á β , estará representado por la ecuacion; $e\beta = T - \frac{gT^2}{2}$ pasada una cantidad de tiempo $T' = \frac{\beta}{g}$ la velocidad queda destruida, y el espacio recorrido resulta igual á $\frac{\beta^2}{2g}$; de modo que, si la fuerza retardatriz continúa aun la accion, el cuerpo vuelve á su posicion primitiva.

108. Toda vez que háyamos dado á conocer los principios fundamentales del movimiento uniformemente acelerado y retardado, vamos ahora á deducir las leyes que de ello emanan por medio del triángulo de Galileo.

La fuerza vertical GM, fig. 50, puede considerarse descompuesta en dos, una MN perpendicular al plano, la cual queda destruida por la resistencia; y otra GN paralela á dicho plano: esta última imprimirá al cuerpo el movimiento de que se verá animado. Esto nos conduce á encontrar la ley del movimiento de los cuerpos pesados sobre un plano, cuando se hallan abandonados á si mismos.

Con efecto, por medio de la semejanza de los triángulos GNM y ABC, se conocerá que la última componente p es

igual á $P \times \frac{BC}{AB}$, siendo P el peso del cuerpo; y como la relación de $\frac{BC}{AB}$ es una cantidad constante en toda la

longitud del plano, la fuerza p que tiende á hacerle correr, queda siempre como una cantidad tambien constante lo mismo que la pesantez; pero como hemos demostrado que una fuerza motriz constante, comunica al cuerpo un movimiento uniformemente acelerado, resulta que las velocidades adquiridas crecen proporcionalmente al tiempo, y los espacios descritos como los cuadrados de los tiempos. Estas consideraciones condujeron á Galileo á descubrir las leyes de la caída de los cuerpos graves por medio de un plano inclinado.

Ahora bien, sea la línea AB , fig. 51, la que nos manifiesta el tiempo, la cual forma uno de los lados del triángulo rectángulo ABE , cuyo punto de origen se halla en A . Por las divisiones a, b, c , tírense paralelas á la base BE que serán af, bg, ch , las cuales son proporcionales á las alturas Aa, Ab, Ac , y podrán representar las velocidades adquiridas al fin de los tiempos Aa, Ab, Ac . Mas si en vez de estas líneas matemáticas, suponemos otras infinitamente pequeñas, y que intercepten partes tambien infinitamente pequeñas sobre la línea de los tiempos, su relación no cambiará y representará las velocidades; pero como la potencia aceleratriz renueva su acción antes de pasar un instante infinitamente pequeño, la velocidad deberá ser mirada como uniforme.

Si suponemos dividido el tiempo AB en instantes infinitamente pequeños, el espacio corrido en cada uno está representado por la línea ó pequeña superficie correspondiente, y la suma de estos instantes es igual al tiempo AB , y la de todas las superficies al triángulo ABE : luego esta superficie igual á la mitad del producto de la base por la altura, representa el espacio corrido en el tiempo AB .

Si aplicamos el mismo raciocinio á otro triángulo *Aaf*, tendremos que este es semejante con el *ABE*, y por consiguiente estan en razon del cuadrado de los lados homólogos; luego $AB:Aa::AB^2:Ra^2$; ó bien $AB:Aa::BE^2:af^2$; esto es, como los cuadrados de los tiempos, ó como los cuadrados de las velocidades adquiridas durante la aceleracion. Examinando la figura vemos demostrada esta verdad: en el primer periodo el tiempo viene indicado por *Aa*, y la velocidad por *af*; en el segundo, el tiempo es $Ab=2Aa$, y la velocidad por $bg=2af$, y así sucesivamente resulta, que siendo los tiempos 1, 2, 3, 4, etc. las velocidades siguen la misma relacion.

Para comprender la relacion de los espacios basta observar que *Aaf* comprende solo un espacio; *abgf* tiene tres; *cbgh* cinco, etc.; de suerte, que los espacios parciales corridos en tiempos iguales, aumentan, segun esta hipótesis, como la progresion de los números impares. Los espacios totales se obtienen sumando los espacios parciales; así se vé que el triángulo $Aaf=1$; $Abg=4$; $Ach=9$; $ABE=16$, etc. Lo que prueba que son como los cuadrados de los tiempos.

109. Supongamos que la fuerza aceleratriz dejara de obrar al llegar el móvil en el punto B, la velocidad adquirida seria BE, y debiendo seguir su movimiento uniforme en virtud de la velocidad adquirida, en otros cuatro periodos describirá el cuadrado ACDE que abraza un espacio doble del ABE que recorrió en cuatro periodos de tiempo; de donde resulta, que el móvil á consecuencia de la velocidad adquirida y de su inercia recorre, con *movimiento uniforme*, un espacio doble del que habia corrido con el movimiento acelerado. Para el movimiento uniformemente retardado, la relacion de los espacios, tiempos y velocidades es la misma, suponiendo el móvil en el punto B, el cual va perdiendo poco á poco una parte de su velocidad hasta quedar del todo estinguida.

LECCION XXI.

Aplicacion de las leyes del movimiento uniformemente acelerado al descenso de los graves.-- Máquina de Atwood.

110. Para ser consecuentes en el orden lógico, daremos á conocer primeramente la máquina de Atwood, y luego aplicaremos al descenso de los graves las leyes que nos enseña este aparato.

La máquina de Atwood, fig. 52, consiste en una polea sumamente ligera, por cuya garganta pasa un hilo de seda, al que están suspendidos dos pesos iguales que representaremos por P y P' : estos pesos permanecen en equilibrio en todas las posiciones; pero si se añade un pequeño exceso, que llamaremos x , falta el equilibrio y desciende el peso que tiene el exceso para que suba el opuesto. El movimiento de las dos masas P y P' se verifica por la influencia de la cantidad de movimiento x que se añadió á una de ellas, la cual si bien sirve para dar movimiento, pierde una parte del suyo; de suerte que cae con una velocidad menor de la que tendria si cayese solo. Para hallar su retardo seguiremos el siguiente raciocinio.

111. Si representamos por v la velocidad que tiene la masa x que se añadió, pasado un segundo de tiempo, se tendrá para la cantidad de movimiento vx ; porque el cuerpo x despues de un segundo de movimiento habrá adquirido la velocidad v .

Supongamos que n es la velocidad desconocida que toman las masas pasado un segundo, entonces la cantidad de movimiento será $n(2P+x)$, porque las masas que se mueven están representadas por P' y $P+x$, cuya suma da $2P+x$; pero como la masa x recibe de la pesantez la misma cantidad de movimiento, bien caiga libremente ó por una caída retardada por otras masas, tendremos $n(2P+x)$

$= vx$, de donde resulta, $n = v \cdot \frac{x}{2P+x}$.

En la máquina de Atwood la velocidad del cuerpo que cae es siempre menor que v ; de suerte que representándola por una centésima, se supondrá $\frac{x}{2P+x} = \frac{1}{100}$. De aquí se infiere, que $100x = 2P + x$, y $x = \frac{P}{49,51}$; es decir, que

por cada un instante, la velocidad es la centésima parte que corresponde á la caída libre, siempre que la masa adicional es la 49,5 partes de una de las dos masas primitivas: si por ejemplo tomamos $x=10$ gramos y $P=495$ se habrá satisfecho la condicion que exige la experiencia.

112. Para medir con exactitud los espacios corridos, tiene el aparato cerca de la columna una regla *mn* dividida en metros y centímetros, ó si se quiere en varas, pies y pulgadas: además dos correderas a y b sujetas á la regla por tornillos, sirven, la primera de figura de anillo, para dejar pasar la masa P' y retener el exceso x , y la segunda dispuesta como un plano, está destinada para detener dicha masa P' en el punto que se quiera. Además se halla tambien un reloj de segundos d para apreciar el tiempo durante el cual el móvil se mueve.

113. Para verificar una experiencia por medio de esta máquina, se coloca la masa P' en el punto cero de la regla, la que desciende por el exceso de peso que contiene, y como en el primer segundo corre un espacio conocido, mas ó menos grande segun desea el físico que opera, se consigue un dato fijo que sirve de punto de partida. Si en el primer segundo corre un pie de espacio, en el segundo segundo correrá tres, en el tercero cinco, y siguiendo de este modo los espacios parciales vendrán representados por los números impares; como se vé:

Tiempos.	Espacios parciales.	Espacios finales.
1''.....	1.....	1.
2''.....	3.....	4.
3''.....	5.....	9.
4''.....	7.....	16.
5''.....	9.....	25.
6''.....	11.....	36, etc.

Segun esto, se observa, que los espacios totales son en 1'' un pié, en 2'' cuatro, en 3'' nueve, etc. ; es decir, como *los cuadrados de los tiempos empleados para correrlos*. De donde resulta, que para el quinto segundo 9 es el espacio parcial, y en cinco segundos da 25 para el espacio final, que proviene de cuadrar el tiempo, ó $5 \times 5 = 25$. Este espacio es igual á $1+3+5+7+9 = 25$. Colocando el platillo *b* en las distintas cantidades que representan los espacios finales, se nota que estos datos estan confirmados por la experiencia.

114. Si la fuerza aceleratriz dejára de obrar, el cuerpo seguiria moviéndose uniformemente en virtud del movimiento adquirido. Para verificar este experimento, se coloca en un punto dado el anillo destinado á detener el exceso de peso, dejando pasar la masa *P'*, y se observa, que el cuerpo sigue su movimiento uniforme, y el espacio que corre es igual á la suma de los espacios que corresponden al movimiento uniforme acelerado y al uniforme, y como este último es doble de aquel, resultan las cantidades siguientes:

Tiempo.	Cuadrados.	Espacios finales.	Movimiento uniforme.	Espacios finales con el movimiento adquirido.
1,.....	1.....	1.....	2.....	3.
2,.....	4.....	4.....	8.....	12.
3,.....	9.....	9.....	18.....	27.
4,.....	16.....	16.....	32.....	48.
5,.....	25.....	25.....	50.....	75 etc.

Es decir, que los espacios finales unidos al movimiento adquirido, son iguales *al cubo de los tiempos empleados para correr los espacios totales con el movimiento uniformemente acelerado.*

Para mayor claridad véase la siguiente

TABLA.

	Tiempos.	Cuadrados de los tiempos.	ESPACIOS CORRIDOS.			
			Suponiendo uno en el primer segundo.	Suponiendo dos en el primer segundo.	Suponiendo tres en el primer segundo.	Suponiendo cuatro en el primer segundo.
Velocidad uniformemente acelerada.	1"	1	1	2	3	4
	2"	4	4	8	12	16
	3"	9	9	16	27	36
	4"	16	16	32	48	64
	5"	25	25	50	75	100
Velocidad acelerada de g adquirida.	1"	1	2	4	6	8
	2"	4	8	16	24	32
	3"	9	16	36	54	72
	4"	16	32	64	96	128
	5"	25	50	100	150	200
Velocidad final con el movimiento adquirido.	1"	1	3	6	9	12
	2"	4	12	24	36	48
	3"	9	27	54	81	108
	4"	16	48	96	144	192
	5"	25	75	150	225	300
Cubos de los tiempos.	1"	1	1	6	9	12
	2"	12	12	24	36	48
	3"	27	27	54	81	108
	4"	48	48	96	144	192
	5"	75	75	150	225	300

115, De lo espuesto podemos deducir, que la accion de la gravedad es una fuerza que obra continuamente produciendo un movimiento uniformemente acelerado. Sin embargo, si con efecto nadie puede negar que la pesantez

es una propiedad inherente á la materia ponderable, se nota que los cuerpos sólidos caen con velocidades diferentes, así como tambien los líquidos corren con mayor ó menor celeridad; y las leyes que presiden á estas variaciones son siempre las mismas, cualquiera que sea el punto del globo donde se examinan. Cuando dos cuerpos de diferente naturaleza caen de la misma altura, tienen velocidades diferentes; así mismo caerán con velocidades distintas, dos cuerpos de igual naturaleza química cuyas superficies sean desiguales; por esta razón vemos que una pieza de oro de una onza y un pedazo de papel, cae la primera con gran prontitud, mientras que el segundo tarda mucho tiempo: dos pliegos de papel uno abierto y otro arrollado, éste se precipita con mayor velocidad que el primero. Mas si todas estas observaciones se verifican en el vacío, se nota que el oro y el papel, ora esté abierto ó plegado; el hierro, el potasio ó el platino, una barba de pluma ó una masa de bronce se precipitan con la misma velocidad; de suerte, que el retardo de los cuerpos en su caída proviene de la resistencia que opone el aire atmosférico, la cual es tanto mayor, cuanta mayor es la superficie del cuerpo. La relacion entre el espacio que corre el cuerpo pesado y el tiempo que emplea para correrle, constituye *la ley del movimiento que la pesantez comunica*.

Los cuerpos que descienden de alturas verticales mas ó menos grandes, estan sugetos tambien á la ley del movimiento que la pesantez comunica. Cuando un líquido desciende de la atmósfera á la superficie de la tierra, se divide por la interposicion del aire durante su descenso; pero en el vacío cae como una masa sólida, segun se prueba con el *martillo de agua*.

116. Concluiremos estas generalidades dando á conocer las leyes del movimiento uniformemente retardado, es decir, cuando el cuerpo se ha impulsado de abajo arriba. En esta clase de movimiento la fuerza se halla contrares-

tada por la acción de la pesantez que obra en sentido opuesto, cuya influencia obra como fuerza retardatriz; pero una vez aniquilada la velocidad inicial, el cuerpo impulsado por la acción de la pesantez cae siguiendo las leyes del movimiento uniformemente acelerado: el móvil entonces gana por el descenso las mismas cantidades que perdió durante su ascenso, y llegado al punto de partida, tiene la misma velocidad que tenía cuando fué impulsado de abajo arriba. De aquí se deducen dos principios; 1.º *qué todo cuerpo que baja de una altura determinada con un movimiento uniformemente acelerado, adquiere una velocidad suficiente para hacerle remontar á la misma altura, con un movimiento uniformemente retardado; y 2.º qué los espacios corridos por dos cuerpos con un movimiento uniformemente retardado y con diferentes velocidades, son entre sí como los cuadrados de estas velocidades.*

Por lo espuesto se prueba cuanto dijimos en otra parte (50), acerca de la division que debe hacerse entre *peso* y *gravedad* ó *pesantez*; porque ésta es una fuerza que obra sobre todas las particulas ponderables de los cuerpos comunicándoles la misma velocidad, y el *peso* es la resultante de todas estas acciones elementales.

LECCION XXII.

Descenso por planos inclinados.--Circunstancias notables que presenta la velocidad comparada con la misma cantidad en el descenso libre.

117. Cuando dimos á conocer las bases en que se funda el triángulo de Galileo (107), descompusimos la fuerza vertical en dos, una perpendicular al plano, y otra paralela á dicho plano; la primera quedaba destruida por la resistencia, y la segunda era la que imprimia al móvil el movimiento de que estaba animado.

El descenso de los graves por los planos inclinados, de-

pende tambien de su mayor ó menor inclinacion: con efecto, el cuerpo emplea menos tiempo para descender por la vertical que por un plano inclinado, cualquiera que sea su inclinacion. Para probar esta verdad, sea el triángulo ABC fig. 53, en el que AC es el espacio que el cuerpo A correria en dos tiempos, si cayese libremente en su posicion vertical. Mas en el propio tiempo corre la distancia Ab , y en el segundo la $bB=3Ab$. Pero si el cuerpo sigue en la direccion del plano, y en el primer tiempo se halla impulsado por una fuerza representada por Af , correrá la distancia Ae diagonal del paralelógramo $Afeb$, cuya diagonal es la mitad de Ab ; luego este cuerpo corre por el plano inclinado mucho menos que si cayera por la sola accion de la pesantez. Como el segundo espacio que el cuerpo debe correr en el segundo instante, está representado por tres veces el primero, resulta que el cuerpo cayendo verticalmente, correrá en este segundo instante la distancia eg , mientras que por el plano seguiria la ek diagonal del paralelógramo $hegk$. De donde resulta, que el móvil siguiendo la direccion del plano AC, gastará cuatro tiempos para correrle, al paso que solo emplearia dos si descendiera por la línea vertical AB. No obstante, al llegar al fin del plano inclinado, la velocidad adquirida por el móvil en el punto C, es igual á la que tendria en B si hubiese seguido la vertical AB; porque si el plano disminuye la accion de la gravedad, aumenta proporcionalmente el tiempo en el cual actúa esta fuerza.

118. El tiempo que necesita un cuerpo para descender por el plano, es tanto menor y se acerca mas al que corresponde á la vertical, cuanta mayor es la inclinacion del plano; al paso que va aumentando á medida que mas se aproxima á la posicion horizontal. Respecto á la velocidad, ya hemos dicho que siempre es la misma en el punto final, cualquiera que sea la inclinacion del plano. Representando la altura AB por H , la velocidad que el cuerpo

habrá adquirido en C será $=\sqrt{2gH}$. De este principio emanan algunas aplicaciones útiles á la mecánica, sobre todo para dirigir aguas por canales que representan planos inclinados; subir grandes pesos por cuestras, etc. etc.

LECCION XXIII.

Generacion del movimiento curvilíneo.--Relacion entre masas, distancias al centro y velocidades.--Movimiento parabólico.

119. El movimiento variado puede ser tambien *curvilíneo*. Este movimiento se verifica siempre que la fuerza aceleratriz varia de direccion á cada instante; en cuyo caso el móvil recorre una linea curva. De aquí se infiere, que en el movimiento curvilíneo concurren dos fuerzas; una que solicita el móvil hácia un punto constante y fijo, y otra que procura alejarle de aquel punto: estas dos fuerzas se llaman *centrales*.

Reflexionando sobre la generacion del movimiento curvilíneo debe tenerse presente, que el impulso comunicado por la fuerza que tiende á separar el móvil, es una fuerza constante que obra en la direccion rectilínea; al paso que tambien es constante la fuerza que pretende dirigirlo á un punto comun y permanente: de suerte que el móvil durante su movimiento, describirá un polígono de tantos lados, cuantas veces la fuerza cambie de direccion; es decir, que cada lado de este polígono, representará la diagonal de un paralelógramo construido con la direccion é intensidad de las dos fuerzas centrales, y como ellas obran en un número infinito de instantes, la linea polígona vendrá á confundirse con una curva.

Si el cuerpo despues de haber recibido un impulso se abandona al efecto producido por dicho movimiento, seguirá la direccion rectilínea, y recorrerá uniformemente la tangente de la curva en este punto.

120. Si dos fuerzas, fig. 54, actúan sobre el cuerpo A, una en la dirección AB, y otra en la AC; pero representando sus intensidades por las líneas Ae y Af, en este caso el móvil A recorre la diagonal AE del paralelogramo AfEe. Pero si el cuerpo al llegar al punto E se halla solicitado por otra fuerza en la dirección EC, pero cuya intensidad esté representada por Eg, entonces el móvil seguirá la diagonal del nuevo paralelogramo construido con estas fuerzas, y su resultante será EM. Llegado el móvil á este punto, se halla solicitado por otra fuerza Mh en la dirección MC, en cuyo caso recorre la diagonal MO del paralelogramo MhON; de suerte, que la dirección del cuerpo es la série de resultantes que se obtienen construyendo los diferentes paralelogramos segun la dirección é intensidad de las fuerzas que actúan, y estas resultantes forman el polígono que se llama *trayectoria curvilínea*.

En el movimiento curvilíneo se conoce con el nombre *velocidad de un móvil* en un instante dado, á la velocidad que corresponde al movimiento rectilíneo uniforme en el instante en que tiene lugar, siempre que se haya supuesto que cesaron de obrar las fuerzas que actuaron. El movimiento curvilíneo puede ser circular, parabólico y elíptico.

121. Las fuerzas centrales se llaman también *centrípetas* y *centrífugas* segun la dirección de la fuerza que actúa; así cuando el cuerpo en su movimiento es atraído hácia un mismo centro, la fuerza que lo atrae se distingue con el nombre de *centrípetas*; pero si el agente de impulsión dejara de obrar, el móvil seguiría la dirección rectilínea y se escaparía por la tangente en este punto, porque á cada instante hace un esfuerzo para tomar dicha dirección; á este esfuerzo, á esta tendencia para escaparse por la tangente se llama fuerza *centrífuga*. Segun esto, las dos fuerzas sentrípetas y centrífugas obran simultáneamente en el movimiento curvilíneo; pero en direcciones

distintas, y siempre que varía esta dirección, ó se altera la intensidad de las espresadas fuerzas, el móvil describe curvas diferentes.

La fuerza central cambia de dirección á medida que el punto material gira al rededor de un centro, y su intensidad varía segun que este punto se acerca ó separa de él; de ahí resulta, que la composicion de las velocidades se repite por intervalos de tiempos muy cortos, que llevan el nombre de *instantes*. En el movimiento de los cuerpos celestes la fuerza centripeta es reciproca entre sí, é impele á los cuerpos unos hácia los otros con una intensidad proporcional á la masa, pero inversa al cuadrado de la distancia.

122. La fuerza centrífuga aumenta de intensidad á medida que las masas que circulan son mayores, mayor el radio de la curva y mayor tambien la velocidad: es decir, que designando por F y F' las fuerzas, M y M' las masas, por R y R' el radio de la curva y por T y T' el tiempo periódico, se tendrá; $F : F' :: \frac{MR}{T^2} : \frac{M'R'}{T'^2}$.

En los cuerpos de pequeñas dimensiones la fuerza centrífuga, comparativamente á su distancia al centro en derredor del cual gira, es igual á la fuerza viva $M \times V^2$ que se ha comunicado á este cuerpo, dividida por el radio del círculo que describe su centro de gravedad; lo que da

$$F = \frac{M \times V^2 \times t}{t \times R} = \frac{M \times V^2}{R}.$$

123. Para probar lo espuesto se han inventado varios aparatos y máquinas, con los que se comunica á los cuerpos sólidos y líquidos un movimiento de rotacion bastante veloz. La fig. 55, representa la que sirve generalmente en los establecimientos de instruccion pública. Consiste en una mesa provista de una armadura de hierro ó de madera, la cual adquiere un movimiento de rotacion muy fuerte tirando de la cuerda C: sobre el plano e se atornillan

las piezas que contienen los cuerpos que han de experimentar los esfuerzos de las dos fuerzas centrales. La pieza A consiste en dos tubos inclinados al horizonte y sujetos á ella, los cuales se hallan semillenos, uno con agua y una esfera de metal en el fondo, y otro con aceite y agua, ó si se quiere con este último líquido y una esfera de corcho que sobre-nada. Si atornillado en el plano *e* se le comunica un movimiento de rotacion, los cuerpos pesados que estan en el fondo de los tubos van á ocupar la parte superior: por el contrario, si el experimento se verifica con la pieza B, entonces las masas *x* y *z* colocadas equidistantes del centro y unidas por medio de un hilo de seda, se deslizan por la varilla, de modo que la masa *z* arrastra hácia sí á la masa *x*, y ambas marchan juntas hasta llegar al extremo de la varilla. De estos experimentos se deduce, que la fuerza centrífuga es tanto mayor, cuanto mayor es tambien la masa circulante y mayor el rádio que corresponde á la curva descrita: la velocidad aumenta así mismo la fuerza centrífuga, segun hemos demostrado anteriormente.

El movimiento curvilíneo, no ha de confundirse con el de *rotacion*.

124. El movimiento parabólico, no es otra cosa que la série de diagonales que resultan de los paralelógramos que se construyen con las intensidades de dos fuerzas, una instantánea y otra continua. La fuerza instantánea produce sobre el móvil un movimiento uniforme, y en tiempos iguales recorre espacios tambien iguales.

Si representamos esta fuerza por AF, fig. 56, y los espacios por 1, 2, 3, 4, etc. y suponemos que la fuerza continua ejerce su accion segun AF, el cuerpo, en virtud de la pesantez, descenderá con movimiento uniformemente acelerado, y correrá los espacios 1, 4, 9, 16, etc. que son como los cuadrados de los tiempos. Ahora bien, si estas dos fuerzas actuan á la vez, el cuerpo seguirá la direccion

de las diagonales Aa , ab , be , cD de los paralelógramos contruidos con la direccion é intensidad de estas fuerzas, y dichas diagonales conducirán á una parábola.

Además se conoce el *movimiento relativo*, siempre que el móvil varia de situacion respecto de los cuerpos que le rodean. El *movimiento absoluto*, el *refracto* y el *reflejo* pertenecen tambien al dominio de la física.

LECCION XXIV.

Movimiento oscilatorio.--Péndulo simple y compuesto.--Influencia de la longitud del péndulo en la duracion de las oscilaciones.--Aplicacion á la medida del tiempo y á la determinacion de la intensidad de la gravedad.

125. El péndulo simple es un instrumento ideal muy fácil de concebir, pero que no puede construirse. Hablando con todo rigor, el péndulo simple debe ser un hilo sin estension ni pesantez, al extremo del cual se ha fijado una sola molécula de materia ponderable. Comunmente damos el nombre de péndulo á un cuerpo sostenido por una varilla ó cordon, y capaz de moverse al rededor de un punto de suspension.

126. Cuando el péndulo se halla en quietud tiene la posicion vertical, y esta linea pasa por los centros de gravedad y de suspension: pero si una fuerza le separa de esta posicion, adquiere un movimiento de va-i-ven que se repite un número de veces mas ó menos grande, hasta que vuelve á su estado de reposo. Si separamos el péndulo a , fig. 57, segun la direccion ar , y le dejamos caer libremente, descenderá hasta el punto b , para remontarse por el lado opuesto hasta llegar á x . En este movimiento el péndulo describe un arco que disminuye proporcionalmente, hasta que vuelve á adquirir la posicion vertical. El movimiento de va-i-ven se conoce con el nombre de *oscilacion*; el ángulo ar se llama *ángulo de separacion* ó simplemente

te *separacion*, y el ángulo bax recibe el nombre de *ángulo de ascension*, ó solo la *ascension*. El arco descrito desde el punto r á x forma una oscilacion; se llama semi-oscilacion descendente á la porcion rb , y semi-oscilacion ascendente á la ba . Siendo estos ángulos iguales parece que el movimiento oscilatorio una vez comunicado, no deberia concluir jamás; pero la resistencia del aire y el rozamiento que se verifica en el punto de apoyo, le disminuyen hasta aniquilarlo.

127. El péndulo en su movimiento oscilatorio está sujeto á tres leyes.

1.^a Cuando las oscilaciones son muy pequeñas, su duracion es independiente de su amplitud. Se llaman ondulaciones pequeñas aquellas cuyo arco no llega á 4 grados, porque en pasando de este punto son ya bastante sensibles: cuando dos ó mas oscilaciones se verifican en el mismo espacio de tiempo, se dice que son *isócronas*: la ley del *isocronismo* fué uno de los primeros descubrimientos del inmortal Galileo. El isocronismo puede representarse bajo una formula general; si g y g' manifiestan dos intensidades de una misma fuerza en circunstancias diferentes, y t y t' el tiempo que duran las oscilaciones comunicadas á un sistema, se tendrá $g : g' :: t^2 : t'^2$; y designando el número de oscilaciones verificadas en un mismo tiempo por N y N' , será $T = Nt = N't'$; luego $g : g' :: N^2 : N'^2$.

2.^a La duracion de las oscilaciones es independiente del peso de la lenteja ó bola, y de la naturaleza de su sustancia; de donde resulta que el átomo de hierro debe oscilar del mismo modo que otro de marfil, madera ó platino, porque la pesantez ejerce la misma accion sobre todas las sustancias. 3229 nñ

3.^a La longitud del péndulo influye de un modo directo en el número de oscilaciones que se verifican en un tiempo dado. Con efecto, tres péndulos A, B y C, fig. 58, cuyas longitudes esten en la razon de 1 : 4 : 9; el número

de sus oscilaciones para el mismo tiempo, estarán en razon inversa de sus longitudes ; de suerte que mientras el péndulo A da dos oscilaciones, B solo dará una, y euando A dé tres, C no dará mas que una. De esto se infiere, que la duracion de las oscilaciones, son como las raíces cuadradas de las longitudes de los péndulos, ó bien que el número de oscilaciones está en razon inversa de dichas raíces.

128. Al definir el péndulo dimos á conocer lo que debia entenderse por *péndulo simple*.

El *péndulo compuesto* consiste en un hilo ó varilla metálico tendida verticalmente, que en uno de sus extremos lleva un pequeño peso, y por el opuesto se mueve con libertad al rededor del punto de suspension: segun esto un hilo inflexible y sin peso, que tenga en uno de sus extremos dos ó mas moléculas ponderables, será un péndulo compuesto; del mismo modo se considerará como tal, una varilla metálica dispuesta convenientemente para que uno de sus extremos pueda sostener una lenteja de metal, ó bien algunas varillas bajo las mismas condiciones formando juntas un sistema. Estos péndulos se aplican á los relojes, á los diferentes medios usados para medir el tiempo y para observaciones físicas de grande interés. En los viajes se emplea el péndulo invariable, que no es otra cosa que una varilla que contiene en un extremo una lenteja ó disco metálico, y por el opuesto está atravesada por un cuchillo de acero que gira sobre un plano de agata ó de otra materia muy dura. El péndulo comparador tiene tres, cinco ó siete varillas de diferentes metales, sostenidas por una armadura tambien metálica, con su disco y cuchilla correspondiente.

129. Siendo la intensidad de la pesantez, la que arregla la caída de los cuerpos, el péndulo es un instrumento interesante para medir esta intensidad, compararla en los diferentes lugares de la superficie de la tierra, y los resul-

tados que se obtienen son mucho mas exactos que empleando para esta operacion la máquina de Atwood. Si la fuerza de gravedad dejase de obrar, los péndulos no oscilarian, ni mucho menos los cuerpos en su caída buscarian la superficie de la tierra; mas si por el contrario aumentase la intensidad de la pesantez, las sustancias caerian con mayor velocidad, y el péndulo aumentaria proporcionalmente las oscilaciones.

Para conocer la relacion que existe entre la duracion de una oscilacion, la longitud del péndulo y la intensidad de la pesantez, supongamos que l sea la longitud de un péndulo representada en metros, t la duracion de una oscilacion en segundos sexagesimales, π la relacion aproximada de la circunferencia al diámetro, igual á 3,1415926, y en fin, g la intensidad de la gravedad; y tendremos la fórmula general $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; de donde se sigue que $g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$.

De aquí resulta, que la intensidad absoluta de la pesantez es igual al cuadrado de la relacion de la circunferencia al diámetro, multiplicada por el cuadrado del tiempo de una oscilacion. Ahora bien, si t es igual á 1, se obtendrá $g = \pi^2 l$, y podrá saberse la intensidad de la gravedad, conociendo con exactitud el valor de l que se multiplicará por el cuadrado de π . Todo grave en París, Madrid y Granada corre en un segundo $17 \frac{1}{2}$ piés próximamente.

La intensidad de la gravedad disminuye á medida que nos elevamos sobre el nivel del mar, ó bien cuando descendemos al interior de la tierra; en este caso se verifica en razon directa de la distancia al centro. La intensidad de la pesantez disminuye también á medida que mas nos aproximamos al ecuador, y aumenta cuando nos dirigimos hacia los polos; de donde se infiere, que la tierra debe ser aplana da por los polos y levantada por el ecuador.

130. Las alteraciones que se notaron en la manera de oscilar el péndulo, probaron del modo mas convincente

que la tierra no era esférica. Con efecto, si el planeta en que vivimos fuese una esfera perfecta y sin movimiento de rotacion, la accion de la gravedad seria la misma en cualquier punto de la superficie, y un péndulo de una longitud dada oscilaria del mismo modo, cualquiera que fuese la posicion del lugar en que se verificara el experimento; pero como la tierra está animada de un movimiento al rededor de su eje, la accion de la fuerza centrifuga disminuye la intensidad de la pesantez en la misma razon que ella aumenta, y siendo esta fuerza mayor en el ecuador, resulta que la accion de la gravedad disminuye en este punto del globo.

131. Si el globo terráqueo estuvo en su origen en el estado de *fluido igneo pastoso*, claro es que el movimiento de rotacion debió alterar su esferoidicidad, y dando mayor fuerza centrifuga á las partes próximas al ecuador, se levantaron estas para que se aplastasen los polos; por consiguiente la tierra es una esfera de revolucion semejante á la que presentaria una masa fluida en el espacio, animada al propio tiempo del movimiento de rotacion. Además los grados de meridiano son mayores en los polos y menores en el ecuador, lo que prueba tambien, que la tierra no es una esfera perfecta; porque en este caso todos los grados deberian ser iguales como partes de un mismo círculo.

Se ha apreciado de diversos modos el valor del aplanamiento de los polos P y P', fig. 59, ó mejor dicho la diferencia entre los diámetros P y P' y x y x' . En el dia se admite que la relacion del eje polar al diámetro ecuatorial es de $\frac{304}{305}$; de donde se infiere, que el aplanamiento en los polos es de $\frac{1}{305}$. Admitidos estos datos se tendrá:

Radio de ecuador.....=6,376.851 metros.

Radio de los polos.....=6,355,943 metros.
 Superficie de la tierra...=5,098.857 miriámetros cuad.^{as}
 Volúmen de la tierra=1.082,634.000 miriámetros cúbicos.

LECCION XXV.

Leyes de la comunicación del movimiento en los cuerpos duros y en los elásticos, consideradas como simples consecuencias de la ley de inercia.-Choque escéntrico.

132. Averiguar las leyes que rigen en la comunicación del movimiento, es determinar las que corresponden al choque de los cuerpos. Se dice que el movimiento se comunica, siempre que un cuerpo animado por una fuerza, encuentra á su paso á otro que está en reposo ó en movimiento. Los fenómenos que se presentan de esta acción dependen de la elasticidad de las masas, de la cantidad de fuerza con que obran y de su dureza. Los cuerpos sólidos pueden dividirse en cuerpos elásticos y no elásticos, y para dar á conocer estas acciones con alguna verdad, supondremos que los cuerpos elásticos son perfectamente elásticos, y los no elásticos están destituidos completamente de esta propiedad.

El choque puede ser *central* cuando se verifica en la dirección de una línea que pasa por los centros de gravedad, y *escéntrico* siempre que la línea se separa de estos centros.

Quando dos cuerpos no elásticos, ora sean duros ó blandos, iguales en masa y animados de la misma cantidad de movimiento pero en dirección opuesta, chocan directamente se quedan en reposo en el mismo lugar en que se verificó el choque. Este hecho es evidente, porque ambos se comprimen entre sí de una cantidad igual; el uno no puede impeler al otro, porque son dos fuerzas iguales que obran en direcciones opuestas, y como las masas están privadas de elasticidad, no pueden dar origen al movi-

miento reflejo, de donde se infiere, que se establece el equilibrio.

Cuando las masas no elásticas son desiguales, y desiguales tambien las fuerzas que las impelen, el fenómeno se verifica del mismo modo, si la velocidad de la masa menor puede compensar la mayor cantidad de materia que tiene la otra: así, dos balas de plomo, la primera de una libra de peso, pero impulsada por una fuerza representada por 16, y la segunda de 16 libras de peso pero en el estado de reposo aparente, es claro que si la primera viene á chocar contra la segunda, despues del choque quedarán en quietud.

Mas si las cantidades de movimiento fuesen desiguales, pero iguales las masas sobre que habian obrado, entonces la que estoviese animada de mayor movimiento neutralizaria á la que le tuviese menor, y las dos seguirian la direccion de la primera con una fuerza igual á la diferencia.

De aquí se infiere, que el movimiento se comunica pero no se pierde; pasa de un cuerpo á otro, se difunde y llega en ciertos casos á ser insensible. De suerte, que para destruir movimiento se necesita movimiento, y las resistencias y los rozamientos lo dispersan pero no lo destruyen.

133. Para dar á conocer la espresion abreviada de los resultados que hemos indicado para los cuerpos no elásticos, recordaremos que la fuerza que anima á un móvil es igual al producto de la masa por la velocidad, y la velocidad al cociente de la fuerza dividida por la suma de sus masas. Si representamos por x la velocidad comun; por F la fuerza del primero despues del choque, su masa por M , y la fuerza del segundo por F' y su masa por M' , tendremos $x = \frac{F+F'}{M+M'}$.

En aquellos casos en los que las direcciones no son opuestas, la suma de las fuerzas es la misma despues del

choque que antes del choque. Por consiguiente, si V dá á conocer la velocidad del cuerpo antes del choque, y V' la que corresponde al cuerpo chocado, sustituyendo en lugar de $F+F'$ las cantidades que representan las masas y las velocidades de cada una $MV+M'V'$, se tendrá $x = \frac{MV+M'V'}{M+M'}$ ób ha!

Si las direcciones que toman los cuerpos son opuestas, la suma de las fuerzas despues del choque, es igual á la diferencia de las fuerzas antes que aquel se verifique. Entonces $F+F' = MV - M'V'$; lo cual dá $x = \frac{MV - M'V'}{M+M'}$.

Dado el caso que el cuerpo chocado se halle en reposo, se tendrá $x = \frac{MV}{M+M'}$.

434. Los cuerpos elásticos experimentan la accion de dos fuerzas contrarias y opuestas. En el instante del choque se comprimen como si á la verdad careciesen de elasticidad, por cuya razon puede aplicárseles las fórmulas anteriores; pero como luego obra el *resorte*, que algunos físicos llaman *elatério*, con una intensidad igual á la fuerza comprimente, resulta que el cuerpo vuelve á adquirir su primitiva figura.

El cuerpo chocante pierde una parte de su movimiento, el cual se trasmite sobre el chocado, y este movimiento es el que produce la presion sobre sus partes; de ahí se infiere, que cuanto mayor es el movimiento perdido por el cuerpo chocante, mayor es tambien la presion que se ha ejercido en el chocado.

De estos principios se deduce, que si dos cuerpos elásticos vienen á chocarse, ora sean sus masas iguales ora sean desiguales, bien tengan las velocidades iguales bien las tengan diferentes, su velocidad respectiva es la misma antes que despues del choque.

De lo dicho se infieren las dos leyes principales acerca del choque de los cuerpos elásticos.

1.^a En el choque de un cuerpo elástico existen dos resortes ó elaterios, uno hácia adelante y otro hácia atrás; dos de ellos, es decir, uno en el cuerpo que choca y otro en el chocado, se destruyen mutuamente.

2.^a Cada uno de los resortes es igual al movimiento comunicado al cuerpo chocado, ó al movimiento perdido por el que ha chocado.

135. El choque escéntrico tiene lugar con los cuerpos elásticos y no elásticos, cuando vienen á chocar sobre un plano dotado de estas propiedades: si el cuerpo y el plano carecen de elasticidad, el cuerpo queda en el punto chocado. Sea el plano AB, fig. 60, en este caso el cuerpo D permanecerá en el punto C; pero si el cuerpo y el plano estan provistos de elasticidad, el cuerpo D despues del choque se reflejará con una fuerza igual á la que tenía antes, y sube á la misma altura, teóricamente hablando. Si el cuerpo D, fig. 61, choca sobre el plano elástico AB colocado en direccion oblicua, la misma ley tendrá lugar y adquirirá la direccion ED: si en el punto E bajamos una perpendicular al plano AB, esta perpendicular PE formará dos ángulos; el de incidencia, es teóricamente igual al de reflexion: en el primer caso estos ángulos son rectos, por que la línea que el cuerpo recorre es perpendicular al plano.

Mecánica de Fluidos.

LECCION XXVI.

Condiciones del equilibrio en los líquidos.--Principio de la igualdad de presión.--Determinación de las presiones que sufre el fondo y las paredes de un vaso.--Paradoja hidrostática.

136. La mecánica de los fluidos comprende la *hidrostática* y la *hidrodinámica*. La primera tiene por objeto averiguar las condiciones del equilibrio de los líquidos, y las presiones que ejercen sobre las paredes de los vasos que los contienen; y la segunda se ocupa de las leyes que rigen al movimiento de los fluidos, cuando no se han llenado las condiciones indispensables para el equilibrio.

Los fluidos se dividen en dos grandes secciones, á saber; en *líquidos* y *gases* ó *fluidos aeriformes*.

En la lección II (9), dimos á conocer los tres estados de sólido líquido y gaseoso en que puede presentarse la materia; vamos á ocuparnos ahora de cuanto guarda relacion con los fluidos, bien sean líquidos, bien se hallen al estado aeriforme, á fin de apreciar debidamente los principios en que se funda la mecánica de los cuerpos que se presentan en estos dos estados.

137. Para que un líquido esté en equilibrio ha de satisfacer á cuatro condiciones, á saber; 1.^a que la presión de abajo arriba sea en un todo igual á la que se ejerce de arriba abajo; 2.^a que la superficie sea perpendicular á la resultante de las fuerzas que solicitan al fluido; 3.^a que cuando los líquidos son heterogéneos y no tienen acción química sensible, se coloquen según sus respectivas densidades, y las superficies de separación sean paralelas entre sí; y 4.^a que cada molécula que constituye la masa, sufra presiones iguales en todos sentidos: esta condición es sin

disputa la principal, sin la que no se podria buscar el equilibrio de un liquido: ella está basada en el principio de Pascal (142).

138. La primera se puede demostrar, tomando un cilindro de cristal hueco y sin fondo AB, fig. 62, provisto de un obturador C, que se aplica á la parte inferior, el que por medio de un cordón E que se sostiene tirante, cierra herméticamente el orificio del cilindro. Si en esta disposicion se introduce en el vaso M, lleno de un liquido cualquiera, y se deja el cordón que sostenia el obturador, se verá que éste queda pegado al cilindro y constituye su fondo: este fenómeno demuestra la presión que se ejerce de abajo hácia arriba; pero si se vierte una porción del mismo liquido en el cilindro, se nota que el obturador no se despega hasta tanto que el fluido interior llega á la misma altura que el del vaso M; de donde se infiere, que la presión de abajo arriba es igual á la que se ejerce de arriba abajo. Sin embargo debe advertirse, que el obturador se cae antes que el liquido llega á coincidir con el del vaso, atendidas las densidades respectivas del fluido y el obturador.

139. La segunda condicion demuestra que el equilibrio se ha conseguido cuando las presiones que obran sobre un fluido se hallan repartidas uniformemente en sus diferentes caras, ó bien transmitidas con regularidad hácia las diversas superficies del vaso que le contiene, cualquiera que sea por otra parte su figura. Para demostrar esta verdad, sea ABC, fig. 63, un triángulo plano fluido, cuyos lados AB, BC y CA sostienen en todos sus puntos presiones proporcionales, que resultan de sus respectivas longitudes, las cuales estan aplicadas sobre los puntos D, E y X, segun las perpendiculares RO, EO y NO. Este triángulo en virtud de los principios espuestos, debe hallarse en equilibrio, porque las tres perpendiculares concurren á un mismo punto, que es el centro de dicho triángulo.

Ahora bien, tómese sobre cada perpendicular las porciones OR, OM y ON, proporcionales á las presiones que representan, y por lo tanto á los lados AB, BC y CA; y sobre dos de ellos como OM y ON, constrúyese el paralelogramo OMQN, cuya diagonal OQ será la resultante de las presiones que tienen lugar sobre los lados BC y CA. El triángulo OQM es semejante al ABC, porque los lados OM y MQ son á la vez proporcionales y perpendiculares con los lados BC y CA; luego la resultante OQ que es el lado tercero, será tambien perpendicular y proporcional con el lado AB, esto es, igual y directamente opuesto á la presión que sostiene el tercer lado: mas como el equilibrio queda restablecido entre tres fuerzas, tan luego como la resultante de dos de ellas es igual y directamente contraria á la tercera; de ahí se infiere, que el triángulo plano líquido se halla en equilibrio. El equilibrio resultará asimismo si el fluido estuviese contenido en un polígono cualquiera, en una pirámide triangular etc.

140. La tercera condicion se satisface cuando los líquidos no tienen entre si accion química: entonces cada uno toma el lugar que le corresponde atendida su respectiva densidad, ocupando el fondo el mas pesado, y la parte superior aquel cuya gravedad específica es menor. Las superficies adquieren cierta horizontalidad, que proviene del mismo estado de equilibrio; de donde se deduce que son paralelas.

141. La cuarta condicion, que hemos enunciado como la principal, resulta del principio de igualdad de presión. Con efecto, cada molécula que constituye la superficie de la masa fluida sufre presiones que son iguales en todos sentidos, las cuales trasmite á todas partes con regularidad; de suerte que la resultante de estas fuerzas es igual á cero, y perpendicular en cada uno de sus puntos á la direccion de la pesantez. De otro modo no podria subsistir el equilibrio, porque la molécula se moveria en virtud de la

fuerza mayor, las inmediatas seguirian el movimiento debido á la impulsión, adquiririan nuevas posiciones, y la masa se veria animada de un movimiento en la direccion de aquella potencia.

142. El principio de igualdad de presion de los fluidos se debe á Pascal. Los líquidos pueden *transmitir á todas sus partes cualquiera presion que actua sobre un punto de su superficie*. Para demostrar este principio, supongamos un vaso *a, b, c y d*, fig. 64, en el cual se ha colocado un liquido que consideramos sin pesantez: si sobre la superficie se aplica un émbolo *e* desprovisto tambien de gravedad (siguiendo la misma suposicion), no habrá inconveniente alguno en practicar en las paredes del vaso vários agujeros, pues el liquido permanecerá en su posicion sin derramarse, y conservará su estado normal; mas desde el momento que el émbolo *e* se hace pesado, ejerce su accion sobre la superficie del liquido, que se trasmite por toda la masa. Supongamos que la presion del émbolo sobre el liquido sea de 10 quilógramos, esta pasa á la primera capa *x*, de aqui á la segunda *x'*, despues á la tercera *x''* y continua hasta el fondo donde es igual á los 10 quilógramos primeros, como si el émbolo obrase directamente sobre él.

La presion se trasmite del mismo modo sobre las paredes del vaso. Con efecto, si suponemos un vaso *A*, fig. 65, que tenga varios puntos de salida tapados herméticamente con émbolos ó pistones *e, e', e'' y e'''*, resultará que cualquier esfuerzo que se ejerza sobre el émbolo *e* será transmitido al fondo y á las paredes laterales, y los émbolos *e', e'' y e'''* serán rechazados hácia fuera. La presion pasa perpendicularmente contra estas paredes, y con igualdad sobre todos los émbolos: de modo que si en cada centímetro cuadrado de la base del piston, se ejerce un esfuerzo representado por 10 quilógramos, un centímetro cuadrado de la superficie que tiene el fondo y las paredes del vaso, experimentan los efectos de la presion correspon-

diente á los diez quilógramos; de donde resulta, que un orificio de salida de 30 centímetros cuadrados, tapada herméticamente por un émbolo que resista á la presion que se aplica al primer piston e segun los datos indicados, experimentará una presion de $30 \times 10 = 300$ quilógramos.

143. En los líquidos se conocen dos clases de presiones; la *presion hidrostática* que es la que acabamos de dar á conocer, y la presion debida á la pesantez de la masa fluida. La primera se debe al esfuerzo de una causa esterna, y la otra á la fuerza elemental que solicita las moléculas del fluido hácia un centro de accion: esta no se propaga en el líquido de abajo arriba.

Mas como todos los fluidos son pesados, la presion que tiene lugar sobre el fondo ó sobre las distintas capas es diferente, segun la cantidad de liquido que gravita sobre aquella capa ó sobre dicho fondo; de donde se infiere, que esta presion varía con la altura del líquido en el fondo en que se considera, siendo igual para todo el plano horizontal de la misma capa de nivel, y á su máximo en el fondo del vaso. Si representamos por P la presion que resulta de la accion de la pesantez cuando la masa líquida está en equilibrio, por G la intensidad de esta fuerza, D la densidad del líquido, y por A la altura que separa el nivel superior del plano horizontal que contiene la unidad de superficie donde se verifica esta presion, se tendrá $P = GDA$. Supongamos que el vaso tiene el fondo horizontal y que este abraza B unidades de superficie colocadas á A' de altura debajo de la superficie libre, en este caso, la presion total P' vendrá representada por $P' = GDA'B$ sea cual fuere por otra parte la figura del vaso. Si se trata de indagar la presion que todo el aparato ejerce sobre el plano que le sostiene, se verá que es igual á la suma del peso de la materia que constituye el vaso, mas el líquido que este contiene.

144. La presion de la masa fluida, bien tenga lugar

de arriba abajo, bien porque se ejerza de abajo hácia arriba, se llama *vertical*, y su accion sobre el fondo del vaso es independiente de su figura. En general se puede decir, que la presion de una masa liquida sobre el fondo del vaso que la contiene, es igual al peso de una columna del mismo liquido que tenga por base la superficie del fondo del vaso, y por altura la distancia perpendicular desde el plano inferior al nivel del fluido. De ahí se infiere, que cuando las paredes del vaso son verticales, la presion que actua sobre el fondo es igual al peso total de la masa liquida; pero esta presion es menor si la figura del vaso es la de una pirámide truncada ó cono tambien truncado en posicion invertida, al paso que es mayor si se colocan naturalmente. Sean los tres vasos A, B y C, fig. 66, los cuales tienen las bases iguales, y se han llenado con el mismo liquido: las cantidades de fluido en cada uno son distintas; pero las presiones sobre sus respectivos fondos son iguales.

145. Para probar este principio, que se conoce con el nombre de *paradoja hidrostática*, se emplea un aparato inventado por M. Haldat. Este aparato, fig. 67, consiste en un tubo de vidrio vi-curbado ABC, el cual está colocado sobre su correspondiente armadura de madera: por el extremo A que concluye en un cilindro, de un diámetro cinco ó seis veces mayor que el del tubo, se atornillan los diversos vasos O, P y Q, los cuales tienen las mismas bases, pero su capacidad es distinta. Si se pone mercurio en la parte del tubo AC, llenando succesivamente con agua á los tres vasos O, P y Q, se verá que la presion que ejercen sobre el mercurio las diferentes cantidades de agua que corresponden á cada uno de los tres vasos, es absolutamente igual: esta presion está representada por la altura que toma el mercurio en la rama C. Sin embargo, el vaso O contiene mas agua que Q, y este mucho mas que el vaso P. Este principio tiene útiles aplicaciones, porque nos

proporciona un medio para ejercer grandes presiones con una corta cantidad de liquido, ó bien aumentar considerablemente el fluido, sin que sea mayor la presion que obra sobre el fondo de un vaso dado.

146. Parece tambien que el peso del aire atmosférico que gravita sobre la superficie del liquido, ha de contribuir á la presion que ejerce en las paredes del vaso que le contiene; pero como quiera que esta accion que impulsa el liquido de adentro hácia fuera, está neutralizada por la presion que ejerce el aire libre que rodea el vaso, la cual se verifica de afuera hácia adentro, resulta que las paredes de dicho vaso solo estan comprimidas por el peso del fluido que contiene.

147. La presion lateral puede verificarse en un vaso cuyas paredes sean verticales ó inclinadas, y esta inclinacion puede ser hácia dentro disminuyendo su capacidad, ó hácia fuera en cuyo caso la aumenta.

Si la presion se examina en una pared vertical, se verá que es igual á una columna líquida que tiene por base la superficie de pared que baña, ó bien la superficie de la parte que se considera, y por altura la distancia perpendicular del centro de la pared, ó del centro de la cantidad sobre que se opera, al plano del nivel del fluido. Cuando la inclinacion de las paredes es hácia fuera, en cuyo caso aumenta la capacidad del vaso, entonces la presion lateral es igual al peso de una columna de liquido que tenga por altura vertical el centro de gravedad de la pared debajo del nivel, y por base horizontal una superficie igual á la porcion de pared que baña el fluido. Aquí hay que tener en cuenta dos acciones; la que proviene de la pesantez cuyo agente obra de arriba abajo, y la que resulta en sentido horizontal; de suerte que el fluido solicitado por dos fuerzas, debe tomar una direccion intermedia. En el caso que las paredes esten inclinadas hácia el interior, disminuye la capacidad del vaso; la presion que el liquido ejer-

ce sobre las paredes laterales, es igual á la anterior, con la sola diferencia que en este caso obra en cada punto la presion lateral, y la de abajo arriba; por cuya razon si el liquido sale por una abertura practicada en la pared, toma una direccion perpendicular á dicha pared.

LECCION XXVII.

Equilibrio de los líquidos en vasos comunicantes.--Aplicaciones de esta propiedad.--Circunstancias que presentan los sólidos sumergidos en los líquidos.--Principio de Arquímedes.

148. Para que un liquido colocado en vasos diferentes puestos en comunicacion esté en equilibrio, es indispensable que la superficie sea perpendicular á la direccion de la pesantez, y que la accion de las fuerzas que obran sobre cada molécula se destruya mutuamente. Con estas condiciones se establece el equilibrio, cualquiera que sea la figura de los vasos comunicantes.

En este principio se funda un instrumento bastante sencillo, pero de grande importancia para buscar planos tangentes á diversos puntos de la superficie de la tierra, llamado *nivel de agua*. Este aparato, fig. 68, consiste en un tubo horizontal, en cuyos extremos se han fijado dos ampollitas de cristal: el tubo puede ser de laton, hoja de lata ú otra sustancia semejante, y por el centro se coloca sobre un trípode provisto de un tornillo para sujetarlo. Cualquiera que sea la posicion del instrumento, mientras sea horizontal, las superficies del liquido en las ampollitas estarán á nivel, y los rayos visuales serán siempre horizontales.

149. Pero cuando dos líquidos que tienen diferente densidad, se colocan en vasos que comunican entre sí, *sus alturas correspondientes estan en razon inversa de sus densidades*; suponiendo siempre que los líquidos por el con-

tacto no tienen accion quimica: un experimento muy sencillo puede probar esta verdad. Si en un tubo encorvado se vierte agua y mercurio, al momento se ve que el equilibrio se restablece, y que el agua se eleva sobre el plano de la superficie de separacion en la razon de $13\frac{1}{2}$ á uno; porque esta es la razon que guarda la densidad del mercurio respecto á la del agua.

Ahara bien, si representamos por d y d' las densidades de los liquidos, y por a y a' las alturas sobre el plano horizontal P de la superficie de separacion, una vez establecido el equilibrio, tendremos que $a:a'::d':d$; es decir, que $gda = g d' a'$. Este principio es siempre exacto aun cuando el diámetro de cada uno de los vasos comunicantes sea diferente.

150. Todo cuerpo sumergido en un fluido ora sea liquido, ora sea gaseoso, *pierde una parte de su peso igual al peso del fluido que desaloja*. Esta ley se conoce con el nombre de *principio de Arquimedes*, que fué su ilustre inventor. Cuando un cuerpo sólido se introduce en un liquido puede hallarse en tres estados diferentes; sobre-nadando en el liquido, perfectamente sumergido, ó en el fondo del vaso. Estos tres estados dependen del peso específico del cuerpo, y del peso que tiene el volúmen de liquido desalojado: cuando el cuerpo sumergido pesa específicamente menos que el liquido, entonces sobre-nada; si pesa específicamente lo mismo que el fluido se mantiene dentro de él; pero en el caso de ser su peso mayor, va á ocupar el fondo del vaso.

Si se concibe un hexaedro sumergido en un liquido que pese específicamente lo mismo que él, se tendrá que el fluido comprime las seis caras del sólido; pero esta presion no es igual segun la posicion en que se examina el cuerpo. Las caras laterales experimentan la accion de varias columnas liquidas de igual intensidad, pero cuyas direcciones obran en sentido opuesto; de suerte que se

destruyen mutuamente, y el sólido sumergido se halla en equilibrio. La presión contra la cara superior se verifica de arriba abajo, y es igual á una columna de líquido que tiene por base la cara superior del cuerpo sumergido y por altura la distancia perpendicular de esta superficie al plano del nivel del líquido. La presión contra la cara inferior que tiene lugar de abajo hácia arriba, es igual á la diferencia que hay entre la presión del fluido contra la superficie inferior del sólido, y la que se verifica en la cara superior; de suerte que la presión de arriba abajo, mas el exceso del peso del cuerpo, tiende á hacerle bajar, al paso que si la presión de abajo arriba se hace preponderante, el cuerpo tiende á subir. De ahí resultan los tres estados en que puede hallarse un sólido sumergido en un fluido. Cuando el cuerpo por un exceso de presión de abajo arriba, llamada *empuje del fluido*, sobre-nada en la superficie, una parte está sumergido en el líquido; en este caso el volumen del líquido desalojado pesa tanto como el cuerpo flotante.

451. Los físicos al raciocinar sobre el principio de Arquímedes, nos dicen lo que pierde el cuerpo por su inmersión en un fluido; pero no conozco ningún experimento para saber lo que el fluido puede ganar en esta inmersión. Este principio, enunciado de un modo tan vago, puede inducir á error, porque denota en el cuerpo sumergido una pérdida real. Si tomamos una cantidad de agua ú otro líquido y la pesamos junto con un cuerpo cualquiera, se nota que el peso es siempre el mismo, ora esté sumergido en el líquido, ora esté fuera de él. De suerte que para obtener la pérdida en el peso del sólido sumergido, hay que desentenderse del fluido, y solo apreciar la cantidad de líquido desalojado. ¿Y de donde proviene este líquido? Del volumen que tiene el sólido, el cual corresponde á su densidad. Así hemos visto en el párrafo anterior, que si el sólido es específicamente mas ligero que el líquido, parte se sumerge en él, y parte sobre-nada; de modo que el líquido

ejerce una resistencia que aumenta con su densidad; por eso vemos que el hierro se precipita en el agua hasta llegar al fondo, y sobre-nada en el mercurio. Cuando el sólido se halla cubierto por el fluido, este aumenta de peso de una cantidad igual al volúmen desalojado; así es que el fluido gana la misma cantidad que el sólido perdió, y cuando flota en la superficie, entonces el fluido aumenta de una cantidad igual al peso del sólido: estas consecuencias se deducen del principio general, y pueden servir para buscar las densidades de los fluidos.

152. Para demostrar el principio de Arquímedes por medio de la esperiencia, se conoce la *balanza hidrostática*, cuya invencion debemos á Galileo. Es una balanza comun, fig. 69, donde los cuerpos pueden pesarse en el aire y en el agua. Si en el platillo *a* ó en el garfio que tiene en la parte inferior se coloca un cuerpo cualquiera, y en el platillo *b* las pesas suficientes para restablecer el equilibrio, este se pierde tan luego como el cuerpo se sumerge dentro del líquido que contiene el vaso *p*. Mas si del vaso se separa el agua suficiente para que el nivel vuelva al punto que tenia antes de la inmersión del sólido, se nota que la cantidad de agua separada, es igual al peso que perdió el cuerpo cuando se sumergió. Para verificar esta operacion con toda comodidad, se tiene un cilindro macizo de cobre ó de laton que entra con exactitud en otro hueco y muy delgado: se pesa el todo en el aire, luego se separan los dos cilindros y se introduce el macizo en el agua: desde luego se ve que el equilibrio falta, y para establecerlo otra vez se coloca en el otro platillo el cilindro hueco y se llena de agua: esta cantidad de liquido representa el volúmen del cilindro que está sumergido, y por lo tanto el peso que perdió por la inmersión.

LECCION XXVIII.

Aplicacion del principio de Arquimedes á la determinacion de las densidades de los cuerpos.--Procedimientos diversos sin el empleo de los areómetros.

153. En el principio de Arquimedes se funda el conocimiento de las densidades de todos los cuerpos.

En otra parte se dió el nombre de peso de un cuerpo (50), á la suma ó resultante de las acciones que la pesantez comunica, y establecimos como principio, que el peso de los cuerpos era proporcional á las masas: de suerte que la *masa de un cuerpo*, es la suma de las moléculas que le componen, sin atender al volúmen que ocupan. De ahí resulta, que la masa ó cantidad de materia que forma un cuerpo, comparada con una unidad de volúmen, que se toma por tipo en circunstancias iguales, constituye la *densidad*.

He aquí porque decimos que la densidad de un cuerpo, ó su *gravedad específica*, es la cantidad de materia que contiene con relacion á su volúmen, ó bien la masa comparada con la unidad de volúmen, como antes digimos; de donde se infiere, *que la densidad no es otra cosa, que la relacion del peso con el volúmen*.

154. Cuando un cuerpo es homogéneo, la masa es proporcional al volúmen, entonces se tiene $m = d v$; suponiendo que d representa la unidad de volúmen, v el volúmen y m la masa. De esta fórmula se deduce, que los cuerpos bajo el mismo volúmen son tanto mas densos cuanta mayor es su masa: por medio de la balanza conocemos desde luego el peso, aun cuando el volúmen de dos cantidades de materia sea diferente, porque siempre tendremos que el peso es proporcional á la masa, ó á la cantidad de materia que contiene; en otros términos, la masa es pro-

porcional al peso absoluto, dividido por la intensidad de la pesantez que representamos por g . Luego $m = \frac{p}{g}$; ó bien $p = gm$.

Mas como en todo cuerpo homogéneo el peso p es proporcional al volúmen v , resulta que representando por π la unidad de volúmen á quien se compara el cuerpo, se tendrá $p = \pi v$. De aqui inferimos; 1.º que cuando los cuerpos tienen volúmenes iguales, las densidades son proporcionales á sus pesos; 2.º que si los pesos y los volúmenes son iguales, las densidades serán iguales; y 3.º que cuando los pesos son iguales, las densidades estan en razon inversa de los volúmenes: estos tres casos nos darán las siguientes proporciones: 1.º $p : p' :: d : d'$; 2.º $p v = p' v'$, lo que dará $d = d'$; 3.º Si $p = p'$, tendremos $v : v' :: d : d'$.

Las densidades de los cuerpos sólidos y líquidos se comparan al agua destilada que se toma por unidad, bajo la temperatura de $+4^\circ$, 108 y la presion de 0^m, 76.

155. La balanza hidrostática sirve para determinar las densidades de los cuerpos sólidos y líquidos: se pesa primeramente el cuerpo en el aire, luego se busca el peso del volúmen de agua que desaloja, y se divide el primero por el segundo. Para mayor claridad supongamos que se busca la densidad del plomo: se comienza pesando el plomo en el aire ó en el vacío, usando del método de las dobles pesadas; si la diferencia de peso entre el aire y el vacío no es considerable por tener el cuerpo un volúmen muy pequeño, basta pesarlo en el aire. Luego se pesa el plomo dentro del agua destilada y hervida de antemano para saber la diferencia entre el peso del cuerpo en el vacío ó en el aire, del peso que tiene en el agua, y con estos datos se establece la siguiente proporcion: peso del cuerpo pesado en el aire ó en el vacío p , es á la diferencia de este peso con el que resulta de haberlo pesado en el agua p' , como la densidad del cuerpo x es á la densidad del

agua representada por 1 ó: $p : p' :: x : 1$; lo que dará $x = \frac{p}{p'}$.

Si el cuerpo fuese mas ligero que el agua habria que adicionarle otra sustancia que lo hiciera sumergir, teniendo en cuenta el peso adicional para descontarlo del peso total.

156. Para los líquidos se practica una operacion semejante, indagando qué pérdidas experimenta un mismo cuerpo, pesándolo primero en el liquido y luego en el agua destilada; y como estas pérdidas representan los pesos de un igual volúmen de ambos líquidos, basta dividir el peso de la pérdida del liquido por el del agua, y el cociente dará la densidad del liquido. Esta operacion es mucho mas sencilla no olvidando lo que el liquido gana por la inmersión del sólido.

157. Las densidades de los gases bajo una temperatura y presión dadas se buscan del mismo modo, tomando por comparacion el peso del aire atmosférico que supone igual á la *unidad*. Si fuese posible hacer el vacío perfecto, claro está que podriamos apreciar los pesos específicos de los gases, pesando indistintamente un volúmen conocido é igual con cada uno de aquellos cuya densidad se pretendiese conocer: las relaciones comparadas al aire $=1$, darian estas densidades. Segun los señores Biot y Arago un centímetro cúbico de aire á 0° y bajo la presión de $0^m,76$ pesa $0^s,00129954$: luego un litro de aire pesará $1^s,29954$: para saber el peso específico de un gas, conociendo la densidad, bastará multiplicar la densidad d por el peso de un litro de aire, ó $d \times 1,29954$. En todas estas operaciones hay que hacer las oportunas correcciones sobre la temperatura y presión á que se halla la atmósfera en el acto del experimento, para reducir á 0° su temperatura y $0^m,76$ de presión.

LECCION XXIX.

Teoría y aplicación de los areómetros sean de volumen constante ó de volumen variable.

158. La voz areómetro es de origen griego, y está compuesta de dos palabras que significan *ligero y medida*. Los areómetros son unos instrumentos flotantes que sirven para conocer las densidades de los cuerpos, y la relación aproximada de los líquidos que forman una mezcla: se distinguen, físicamente hablando, de dos clases, los *areómetros de volumen constante* y los de *volumen variable*. Los primeros son aquellos que se sumergen en todos los líquidos hasta un mismo punto, los principales son el de Nicholson y el de Fahrenheit; y los segundos son los que se sumergen de distinta cantidad según la naturaleza del líquido: entre los más usados y que presentan más interés están los de Beaumé, el de Gay-Lussac y el de Cartier.

159. El areómetro de Nicholson, llamado también *gravímetro*, fig. 70, consta de un cilindro hueco de metal terminado por dos conos inversos: en la parte inferior lleva una cápsula ó navecilla para colocar el lastre, y en la superior una varilla soldada al cono, que termina en otra cápsula para poner las pesas. Cuando se trata de usar este instrumento, se coloca el cuerpo en la cápsula superior hasta que se hunda y llegue al punto A llamado *punto de enrase*; si el peso del cuerpo no fuese suficiente para hundir el gravímetro hasta el espresado punto A, se añadirán las pesas necesarias. Colocado en seguida el cuerpo en la cápsula inferior, claro está que resulta más ligero, por la pérdida igual al peso del volumen de agua desalojada: entonces basta añadir pesas en la parte superior para que el instrumento vuelva á sumergirse hasta el espresado punto A, y estas pesas añadidas son las que manifiestan el peso que perdió el cuerpo por su inmersión.

160. Fahrenheit inventó antes que Nicholson un areómetro más sencillo que el que hemos descrito, y según su opinion general, sirvió de base al autor del gravímetro.

161. El areómetro de Beaumé es de volúmen variable: consta de una esfera soplada á la estremidad de un tubo de cristal y termina con un apéndice donde se coloca el lastre, que consiste en mercurio, plomo ú otro cuerpo cualquiera: el punto *cero* se halla en la parte superior del vástago, donde corresponde el nivel del agua destilada. Luego se introduce en una disolucion compuesta de 85 partes de agua y 15 de sal comun, y el punto donde corresponde su nivel en el vástago se señala con el grado 16: esta distancia se divide en 15 partes iguales, y se prolonga la division hasta la parte inferior del instrumento, siguiendo igual distancia hasta los 66.° El mismo Beaumé inventó una graduacion diferente, con el objeto de que su areómetro pudiese servir para conocer la cantidad de alcohol que existe en los líquidos espirituosos. Para marcar el *cero* se prepara una disolucion de 90 partes de agua destilada y 10 de sal marina; se sumerge en ella el instrumento y el punto de nivel en el vástago, se señala con dicho grado *cero*: luego se introduce en agua destilada y el punto de enrase constituye el grado 10, y esta division se sigue hasta la parte superior de la varilla de cristal.

El areómetro de Cartier, tambien de volúmen variable, es una modificacion grosera de la escala de Beaumé; en ambos instrumentos el grado 22 es igual, y partiendo de este término se dividen 15 grados de Cartier por 16 de Beaumé. Representando por c los grados de Cartier y por b los de Beaumé, se podrán reducir por medio de una ecuacion los grados de una á otra escala, y se tendrá: $16c = 15b + 22$. Los pesos específicos p correspondientes á c grados, son iguales á, $p = \frac{136,8}{126,1 + c}$

162. M. Gay-Lussac ha inventado un areómetro de

volúmen variable, que se conoce con el nombre de *alcohómetro*, que sirve para señalar el volúmen de alcohol puro que contiene una mezcla de este líquido y agua. Para marcar el grado 100 se introduce dentro de alcohol absoluto á 0,95, y por medio de mezclas de agua y alcohol, en tal disposicion que empezando por una que conste de 95 de alcohol y 5 de agua, luego otra de 90 de alcohol y 10 de agua, y continuando de este modo, que á medida que el alcohol vaya rebajando aumente el agua de 5 en 5 partes hasta que el licor espirituoso sea *cero* y el agua *ciento*: cada una de estas divisiones se marca por la cantidad de alcohol que contiene, y se divide en 5 partes iguales. El punto donde corresponden 100 partes de agua pura se señala con el grado *cero*. Por consiguiente el alcohómetro de Gay-Lussac, indica desde luego la cantidad de alcohol que contiene un líquido espirituoso representándolo en centésimos. El mismo físico teniendo en cuenta, que las densidades de los líquidos espirituosos cambian con la temperatura, ha construido tablas con las correcciones correspondientes, atendiendo siempre al grado de calor del aire.

M. Francœur ha dado una fórmula general, con la que se consigue apreciar los cambios de volúmen bajo una temperatura conocida; con esta forma se hacen ineficaces las tablas de Gay-Lussac: de modo que si representamos por C el grado del areómetro, y por T la temperatura superior ó inferior á 15° , se tendrá que $Riqueza = C + 0,4T$. Si el areómetro marca 80° , y la temperatura se halla á 20° , segun esta fórmula resultará, $80 - (0,4 \times 5) = 78$. Si el alcohómetro se halla á 80° y la temperatura á 5° , se tendrá, $80 + (0,4 \times 10) = 84$.

Los señores Richter, Meisser, Blagden y Gelpin, Thomson, Thillaye hijo, y otros profesores distinguidos se han ocupado con provecho del estudio del areómetro en todas sus variedades; así es, que se conocen además de los

areómetros descritos, el pesa-legías, el areómetro universal, el pesa-mosto ó nismómetro, el galámetro, el pesa-vinagre, el volúmetro, etc.

163. Del conocimiento de las gravedades específicas de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, emanan varias aplicaciones de gran interés para la ciencia en general. Damos á continuacion la densidad de varios cuerpos, tal cual la ciencia la admite en el día, á fin de que puedan servir á los diversos usos.

Agua destilada	1.0000	Agua de los Alpes	1.0010
Aire atmosférico	1.0000	Eau de la Seine	1.0000
Alcohol	0.7900	Alcohol de los Alpes	0.8010
Aluminio	2.7000	Aluminio	2.7000
Amalgama	13.6000	Amalgama	13.6000
Antimonio	6.0000	Antimonio	6.0000
Asfalto	1.0200	Asfalto	1.0200
Asfalto de la India	1.0500	Asfalto de la India	1.0500
Asfalto de la China	1.0700	Asfalto de la China	1.0700
Asfalto de la América	1.0800	Asfalto de la América	1.0800
Asfalto de la Europa	1.0900	Asfalto de la Europa	1.0900
Asfalto de la Asia	1.1000	Asfalto de la Asia	1.1000
Asfalto de la África	1.1100	Asfalto de la África	1.1100
Asfalto de la América	1.1200	Asfalto de la América	1.1200
Asfalto de la Europa	1.1300	Asfalto de la Europa	1.1300
Asfalto de la Asia	1.1400	Asfalto de la Asia	1.1400
Asfalto de la África	1.1500	Asfalto de la África	1.1500
Asfalto de la América	1.1600	Asfalto de la América	1.1600
Asfalto de la Europa	1.1700	Asfalto de la Europa	1.1700
Asfalto de la Asia	1.1800	Asfalto de la Asia	1.1800
Asfalto de la África	1.1900	Asfalto de la África	1.1900
Asfalto de la América	1.2000	Asfalto de la América	1.2000
Asfalto de la Europa	1.2100	Asfalto de la Europa	1.2100
Asfalto de la Asia	1.2200	Asfalto de la Asia	1.2200
Asfalto de la África	1.2300	Asfalto de la África	1.2300
Asfalto de la América	1.2400	Asfalto de la América	1.2400
Asfalto de la Europa	1.2500	Asfalto de la Europa	1.2500
Asfalto de la Asia	1.2600	Asfalto de la Asia	1.2600
Asfalto de la África	1.2700	Asfalto de la África	1.2700
Asfalto de la América	1.2800	Asfalto de la América	1.2800
Asfalto de la Europa	1.2900	Asfalto de la Europa	1.2900
Asfalto de la Asia	1.3000	Asfalto de la Asia	1.3000
Asfalto de la África	1.3100	Asfalto de la África	1.3100
Asfalto de la América	1.3200	Asfalto de la América	1.3200
Asfalto de la Europa	1.3300	Asfalto de la Europa	1.3300
Asfalto de la Asia	1.3400	Asfalto de la Asia	1.3400
Asfalto de la África	1.3500	Asfalto de la África	1.3500
Asfalto de la América	1.3600	Asfalto de la América	1.3600
Asfalto de la Europa	1.3700	Asfalto de la Europa	1.3700
Asfalto de la Asia	1.3800	Asfalto de la Asia	1.3800
Asfalto de la África	1.3900	Asfalto de la África	1.3900
Asfalto de la América	1.4000	Asfalto de la América	1.4000
Asfalto de la Europa	1.4100	Asfalto de la Europa	1.4100
Asfalto de la Asia	1.4200	Asfalto de la Asia	1.4200
Asfalto de la África	1.4300	Asfalto de la África	1.4300
Asfalto de la América	1.4400	Asfalto de la América	1.4400
Asfalto de la Europa	1.4500	Asfalto de la Europa	1.4500
Asfalto de la Asia	1.4600	Asfalto de la Asia	1.4600
Asfalto de la África	1.4700	Asfalto de la África	1.4700
Asfalto de la América	1.4800	Asfalto de la América	1.4800
Asfalto de la Europa	1.4900	Asfalto de la Europa	1.4900
Asfalto de la Asia	1.5000	Asfalto de la Asia	1.5000
Asfalto de la África	1.5100	Asfalto de la África	1.5100
Asfalto de la América	1.5200	Asfalto de la América	1.5200
Asfalto de la Europa	1.5300	Asfalto de la Europa	1.5300
Asfalto de la Asia	1.5400	Asfalto de la Asia	1.5400
Asfalto de la África	1.5500	Asfalto de la África	1.5500
Asfalto de la América	1.5600	Asfalto de la América	1.5600
Asfalto de la Europa	1.5700	Asfalto de la Europa	1.5700
Asfalto de la Asia	1.5800	Asfalto de la Asia	1.5800
Asfalto de la África	1.5900	Asfalto de la África	1.5900
Asfalto de la América	1.6000	Asfalto de la América	1.6000
Asfalto de la Europa	1.6100	Asfalto de la Europa	1.6100
Asfalto de la Asia	1.6200	Asfalto de la Asia	1.6200
Asfalto de la África	1.6300	Asfalto de la África	1.6300
Asfalto de la América	1.6400	Asfalto de la América	1.6400
Asfalto de la Europa	1.6500	Asfalto de la Europa	1.6500
Asfalto de la Asia	1.6600	Asfalto de la Asia	1.6600
Asfalto de la África	1.6700	Asfalto de la África	1.6700
Asfalto de la América	1.6800	Asfalto de la América	1.6800
Asfalto de la Europa	1.6900	Asfalto de la Europa	1.6900
Asfalto de la Asia	1.7000	Asfalto de la Asia	1.7000
Asfalto de la África	1.7100	Asfalto de la África	1.7100
Asfalto de la América	1.7200	Asfalto de la América	1.7200
Asfalto de la Europa	1.7300	Asfalto de la Europa	1.7300
Asfalto de la Asia	1.7400	Asfalto de la Asia	1.7400
Asfalto de la África	1.7500	Asfalto de la África	1.7500
Asfalto de la América	1.7600	Asfalto de la América	1.7600
Asfalto de la Europa	1.7700	Asfalto de la Europa	1.7700
Asfalto de la Asia	1.7800	Asfalto de la Asia	1.7800
Asfalto de la África	1.7900	Asfalto de la África	1.7900
Asfalto de la América	1.8000	Asfalto de la América	1.8000
Asfalto de la Europa	1.8100	Asfalto de la Europa	1.8100
Asfalto de la Asia	1.8200	Asfalto de la Asia	1.8200
Asfalto de la África	1.8300	Asfalto de la África	1.8300
Asfalto de la América	1.8400	Asfalto de la América	1.8400
Asfalto de la Europa	1.8500	Asfalto de la Europa	1.8500
Asfalto de la Asia	1.8600	Asfalto de la Asia	1.8600
Asfalto de la África	1.8700	Asfalto de la África	1.8700
Asfalto de la América	1.8800	Asfalto de la América	1.8800
Asfalto de la Europa	1.8900	Asfalto de la Europa	1.8900
Asfalto de la Asia	1.9000	Asfalto de la Asia	1.9000
Asfalto de la África	1.9100	Asfalto de la África	1.9100
Asfalto de la América	1.9200	Asfalto de la América	1.9200
Asfalto de la Europa	1.9300	Asfalto de la Europa	1.9300
Asfalto de la Asia	1.9400	Asfalto de la Asia	1.9400
Asfalto de la África	1.9500	Asfalto de la África	1.9500
Asfalto de la América	1.9600	Asfalto de la América	1.9600
Asfalto de la Europa	1.9700	Asfalto de la Europa	1.9700
Asfalto de la Asia	1.9800	Asfalto de la Asia	1.9800
Asfalto de la África	1.9900	Asfalto de la África	1.9900
Asfalto de la América	2.0000	Asfalto de la América	2.0000

Nombres.	Densidades.	Nombres.	Densidades.
Platino crudo.....	23,0000	Rubi oriental.....	4,2833
» laminado..	22,6690	Topacio oriental...	4,0106
» fundido....	19,2581	Diamante.....	3,5310
» purificado.	21,4500	Esmeralda.....	2,7755
Paladio.....	11,3000	Perlas.....	2,7500
Oro.....	19,4000	Coral.....	2,6800
Rodio.....	11,0000	Cristal de roca....	2,6890
Mercurio.....	13,5886	Flint-glass.....	3,3230
Plata.....	10,4740	Porcelana de la Chi-	
Cobre.....	8,8500	na.....	2,3847
Hierro.....	7,8439	Porcelana de Sévres	2,1457
Estaño.....	7,2850	Cal sulfatada crista-	
Antimonio.....	6,7150	lizada.....	2,3117
Cromo.....	5,9000	Alumbre.....	1,7200
Plomo.....	11,4450	Cal carbonatada	
Arsenico.....	5,7000	cristalizada.....	2,7182
Manganeso.....	8,0130	Feldespato.....	2,5744
Sodio.....	0,9720	Mármol blanco....	2,8376
Potasio.....	0,8650	Basalto de Suecia..	3,0640
Zinc.....	6,8620	Pórfido.....	2,7980
Yodo.....	4,9470	Gneis de Freiberg.	2,6780
Azufre nativo.....	2,0660	Granito.....	2,6640
Selenio.....	4,3200	Lava del Vesubio..	2,6410
Bromo.....	2,9660	Fresno..	0,7870
Carbono grafito....	1,9000	Ciruelo.....	0,7610
Oxígeno.....	1,1052	Manzano.....	0,7350
Cloro.....	2,4700	Alamo blanco.....	0,7380
Nitrógeno.....	0,9760	Pino comun.....	0,5420
Hidrógeno.....	0,0688	Nogal.....	0,6800
Fósforo.....	1,7700	Castaño.....	0,6850
Aire atmosférico...	1,0000	Encina.....	0,9050
Agua destilada.....	1,0000	Ebano de los Alpes.	1,0540

LECCION XXX.

Movimiento de los líquidos.--Salida por orificios practicados en pared delgada.--Reaccion que produce la salida.--Determinacion del gasto ó cantidad de liquido derramado.

164. Los líquidos dotados por su constitucion de grande movilidad, salen de los vasos que los contienen cuando se ha practicado en las paredes un agujero por debajo de su nivel; para que este derrame pueda efectuarse, hay que tener en cuenta las presiones interior y exterior. Con efecto, todos los vasos que contienen líquidos estan espuestos á dos presiones que se verifican en sentido opuesto; una de adentro hácia fuera que repele la pared, y otra de afuera hácia dentro, cuya tendencia es la de hundir esta pared: la primera es igual á la suma de las presiones de la columna líquida calculada desde el punto de la pared del vaso hasta la parte inferior del fluido, y la segunda depende del medio que rodea el vaso. De ahí se sigue que si la presion exterior es mayor que la interior, no se derramará el líquido contenido en el vaso, al paso que la salida por el orificio tendrá lugar, siempre que la presion interior esceda á la exterior. La velocidad que tienen las moléculas líquidas cuando pasan por el orificio, depende de la mayor ó menor densidad del liquido, del esceso de presion de adentro hácia fuera, y del rozamiento contra las paredes y bordes de dicho orificio.

Con efecto, la presion que obra sobre el liquido y le impele á la salida, es tanto mayor cuanto mayor es la columna fluida que se halla por encima del orificio: de suerte que la cantidad de liquido que ha salido por un orificio en un tiempo dado, aumentará á medida que el punto de salida se halla mas próximo al fondo, llegando á su máximo cuando se haya practicado en dicho fondo. Si el orificio se ha

construido en una pared horizontal, como en AB, fig. 71, el líquido se elevará en forma de surtidor por efecto de la presión que tiene lugar de abajo arriba, y su altura llegará próximamente á la que tiene el nivel superior del agua en el depósito. De donde se infiere, que las moléculas líquidas adquieren cierto movimiento cuando se interrumpe la acción de la fuerza que obraba sobre ellas, y su velocidad es debida á la altura del nivel del líquido superior sobre el centro del orificio.

165. De lo dicho se sigue, *que la velocidad de un líquido cuando sale por un orificio, es igual á la que adquiriria un cuerpo grave que cayese libremente en el vacío, de una altura igual á la que tiene el nivel sobre el centro del orificio.* Esta proposición se conoce con el nombre de teorema de Torricelli. Para demostrarla bastará notar, que apenas se destapa el orificio, cuándo el fluido en virtud de la presión que ejerce, es impelido hácia fuera, y las moléculas entonces se disponen de tal manera, que describen líneas curvas que todas convergen hácia el orificio, y este movimiento se propaga por capas en toda la masa. La velocidad de salida aumenta progresivamente hasta que el movimiento se ha difundido por todo el vaso, y en cada punto se verifica con uniformidad. Considerando la salida del líquido en este instante, y suponiendo que en el vaso entra la misma cantidad que sale por el orificio, vamos á representar el movimiento del fluido segun estas consideraciones.

Una vez admitida esta uniformidad, no solo en el movimiento del líquido en el vaso, si que tambien en la salida y entrada de dicho fluido, claro está que este movimiento es permanente; lo que dará por cada molécula, cuyo peso será p cayendo de la altura a , la cantidad $p.a$: mas si v indica la velocidad de esta molécula cuando entró sobre la superficie superior del receptáculo, y V la que tiene en el instante de su salida por el orificio, se tendrá,

$\frac{P}{g}(V^2 - v^2)$; cuya fórmula representará el aumento de fuerza viva que habrá adquirido la molécula al recorrer la altura a . Este mismo raciocinio podemos aplicar á todas las moléculas. Ahora bien, si P nos indica el peso del fluido que pasa por el orificio en un segundo de tiempo $\frac{P}{g}(V^2 - v^2)$, será el aumento de fuerza viva comunicada á este peso, mientras ha recorrido la altura a , cuya fuerza ha recibido de la pesantez, y en virtud de los principios de la mecánica, tendremos $\frac{P}{g}(V^2 - v^2) = 2Pa$; ó bien $V^2 - v^2 = 2ga$.

Si la velocidad v del fluido en el instante de entrar en el vaso es casi nula, ó si $v = 0$, resulta que $V^2 = 2ga$; lo que dará $V = \sqrt{2ga}$.

Esta es la fórmula debida á Torricelli. En las obras de física no se acostumbra á explicar su origen, y viene representada por $V = \sqrt{2gh}$, porque toman la inicial h del nombre frances *hauteur*.

Supongamos que $a = 15$ metros, se tendrá $\sqrt{2ga} = \sqrt{2 \times 9^m,8 \times 15}$, porque el valor de g en el primer segundo es igual á $9^m,809$. La altura del nivel superior sobre el centro del orificio se llama *carga generatriz*.

De ahí se infiere, que las velocidades en la salida son proporcionales á las raíces cuadradas de las alturas. A esta velocidad se le ha dado el nombre de *velocidad teórica*.

166. En la salida de los líquidos por orificios delgados el movimiento de traslación se cambia muchas veces en un movimiento de rotación, siempre que se disminuye el roce que impide al vaso que adquiriera una nueva posición. Como las componentes horizontales de un vaso que tenga un líquido en equilibrio se destruyen mutuamente, resulta que apenas el vaso tiene algun agujero por donde salga el líquido, cuando por la parte opuesta toma origen una presión, cuya componente horizontal no se halla des-

truida, y el vaso suspendido libremente, adquiere entonces una posicion inclinada en el sentido de esta componente. Este principio ha dado origen al aparato llamado *molino de reaccion*.

167. Se llama gasto de un fluido á la cantidad de sustancia líquida que sale por un agujero durante la unidad de tiempo que sirve de tipo. Para saber con alguna exactitud este *gasto*, hay que tener en cuenta la presion que sufre el orificio, su magnitud y el tiempo que está saliendo el líquido; estos datos dan la ecuacion; $G = t v s$; suponiendo que G representa el gasto, t las unidades de tiempo, s la superficie del orificio y v la velocidad.

El gasto teórico á que conduce el teorema de Torricelli carece de exactitud, si se quiere demostrar por medio de la esperiencia: con efecto, se ve practicando este experimento, que el resultado es igual á $\frac{2}{3}$ próximamente del que dá el cálculo; esta diferencia proviene del agrupamiento de los filetes líquidos, los cuales se cruzan y enlazan en diferentes direcciones para ocupar un espacio mayor que el suyo, atendidas las circunstancias de la salida. Este fenómeno lleva el nombre de *contraccion de la vena fluida*. De modo que el gasto del líquido vendrá representado por $S = \frac{2}{3} s t \sqrt{2ga}$.

168. La seccion de la vena fluida se contrae en el momento de salir por el orificio; de suerte que á la distancia del diámetro de dicho orificio, esta seccion representa con corta diferencia, los dos tercios de aquel por donde salió. Para los grandes orificios de salida, segun los Sres. Poncelet y Lesbros, el teorema de Torricelli tampoco dá con exactitud la velocidad del líquido en la seccion que se ha contraído. Sin embargo, esta fórmula conduce á tres consecuencias de la mayor importancia, á saber; 1.^a la velocidad del derrame solo depende de la profundidad del orificio debajo del nivel, y de ninguna manera de la naturaleza del líquido; 2.^a para un mismo líquido estas velo-

idades son como las raíces cuadradas de las profundidades debajo del nivel; y 3.^a que si la presión que actúa sobre la columna líquida fuese mayor que la anterior, el escape sería equivalente al peso de una columna del mismo líquido con una altura proporcional: en este caso la velocidad de las moléculas que se derraman, sería igual á la que tendrían si hubiesen caído del vértice de esta segunda columna, la cual debe considerarse como añadida á la primera. Lo contrario sucedería si la presión exterior fuese mayor que la que actúa sobre el nivel del líquido.

En las distribuciones de las aguas sirve de tipo la pulgada francesa, llamada *pulgada del fontanero*, la cual no es otra cosa que la cantidad de agua que pasa en 24 horas por un orificio de una pulgada de diámetro, y bajo la presión constante de una columna de líquido de siete líneas de altura contada desde el centro del orificio de salida.

En Madrid se evalúa por la cantidad que pasa durante 24 horas por un orificio de 6,5 líneas de diámetro, bajo la presión constante de una línea sobre el orificio, á la cual se dá el nombre de *real de agua*, lo que produce 149 pies cúbicos en dicho espacio de tiempo.

En Granada se llama *realillo de agua*, á la cantidad que pasa en 24 horas por un orificio de una pulgada de diámetro, sin que nuestros cañeros tengan cuidado en regular la presión; de suerte, que podemos asegurar que la cantidad de agua es igual con corta diferencia al doble de la de Madrid. La distribución y medida de las aguas nos vienen del tiempo de los moros, y necesitan una reforma radical. De lo dicho se infiere, que para obtener una velocidad constante, es necesario una presión constante y vice-versa: esto se consigue por diferentes medios; pero los adoptados por los físicos son el *flotador de Prony*, el *vaso siempre lleno* y el *vaso de Mariotte*.

LECCION XXXI.

Salida por tubos adicionales de diferentes formas.--Salida por tubos largos.

169. La salida de un líquido por conductos circulares puede verificarse por medio de tubos adicionales de figura cónica ó cilíndrica, en los cuales el diámetro puede ser variable y distinta tambien su longitud. Un tubo perfectamente construido y pulimentado en su interior, que tenga el diámetro y figura que adquiere la vena fluida desde el orificio hasta la seccion contraida, no tiene influencia notable en el gasto de agua, porque su accion sobre el líquido es del todo nula: pero cuando el diámetro del tubo es igual al que tiene el orificio por donde sale el líquido, la vena fluida pasa libremente y sin mojar las paredes del tubo, ó llena perfectamente su capacidad: estos dos casos diferentes entre si, dan un aumento de velocidad para el segundo, que está en la relacion de 100 es á 133, siempre que el diámetro del tubo adicional sea la cuarta parte de su longitud. Semejantes fenómenos dependen de varias causas, entre las cuales merecen citarse la presion y la resistencia del aire.

Este aumento de gasto no se verifica si el diámetro es demasiado grande relativamente á la longitud del tubo, y además si la salida tiene lugar en un medio resistente; asi se ha observado que en el vacío no hay el esceso que indica la esperiencia, lo cual prueba la influencia que tiene el aire en semejante fenómeno.

170. El gasto de un líquido que sale por un tubo, es diferente cuando su longitud es mayor que la indicada: entonces hay que atender á otras condiciones diferentes de las que hemos dado á conocer anteriormente.

Con efecto, si el tubo tiene la figura cilíndrica y se halla unido á un orificio practicado en el fondo del vaso, la velocidad de la columna líquida aumenta, bien sea que el tubo tenga la posicion vertical, bien porque esté inclinado. En este caso la accion de la pesantez acelera la salida del fluido, pero como la adhesion del liquido con las paredes, la cohesion de las partículas y la presion atmosférica se oponen á que las capas se separen, resulta que las partes inferiores animadas de una velocidad mayor ejercen sobre las superiores una atraccion, la cual acelera el movimiento. El efecto debido á esta atraccion, se comunica por capas hasta el receptáculo, y como las partes superiores disminuyen la marcha de las inferiores en virtud de la continuidad, se establece una velocidad media sobre la longitud del tubo; así es, que cuanto mayor sea esta longitud, mayor es tambien el gasto, al menos, hasta cierto punto, pues pasado este, comienza á disminuir á causa del frotamiento. No obstante, colocado el tubo en una posicion mas ó menos inclinada, segun sea su diámetro, se consigue que se establezca el equilibrio entre la velocidad adquirida y el retardo debido á la frotacion. Cuando los tubos tienen la posicion horizontal, el gasto debe ser el mismo en toda su longitud; pero el frote que tiene lugar sobre un largo espacio, retarda la velocidad, en tales términos, que el liquido algunas veces llega á su destino gota á gota. Los ángulos y recodos que tienen los tubos que conducen líquidos, en ciertos casos, presentan grandes obstáculos, los cuales ocasionan la ruptura é impiden que el liquido corra por el tubo, por cuya razon se practican respiraderos para dar salida al aire que rompe la continuidad de la columna líquida.

171. La figura del tubo adicional no es indiferente para la salida de los líquidos. Si esta figura es la de un cono truncado, el gasto de liquido será mayor ó menor segun la posicion del cono: cuando la base menor se halla

unida al orificio de salida, fig. 72, el gasto aumenta, y este aumento puede llegar á ser de una mitad; pero si la adiccion se verifica por la base mayor, fig. 73, entonces disminuye el gasto; de suerte que la posicion mas ventajosa que conviene dar á los tubos adicionales, es la de dos conos truncados, iguales en diámetro y altura, y unidos por sus bases menores, fig. 47. En este caso, las dos bases mayores se hallan en los extremos, una para unirse con el orificio de salida, y otra que constituye el extremo del tubo por donde sale el liquido.

172. Ya hemos indicado que las resistencias debidas á la frotacion de los líquidos en los tubos que tienen iguales longitudes perjudica notablemente la velocidad. La pérdida que resulta aumenta á medida que aumenta la velocidad y la superficie mojada, y segun las observaciones de Coulomb, Navier, y Eytelwein, la pérdida ocasionada por el frote es proporcional en el menor espacio de tiempo durante el cual pasa el peso q de liquido, á $\frac{q}{g} \times \frac{L \times C \times V^2}{a}$; siendo a el área del tubo ó de los orificios de entrada, L la longitud, C el contorno ó perimetro de la seccion uniforme de dicho tubo, y V la velocidad constante en este último. Si A da la diferencia total entre los niveles del depósito superior é inferior llamada *carga generatriz*, y n la fraccion de este producto, claro está que se tendrán los datos para buscar la contraccion del liquido en los orificios de entrada y salida, teniendo en cuenta las presiones interior y exterior, etc, etc.

173. Los canales y cauces para conducir las aguas descubiertas, sufren tambien los mismos efectos que hemos dado á conocer para los tubos de grande longitud; en general deben distinguirse dos casos: 1.º cuando los canales tienen mucha longitud y poca pendiente ó desnivel; y 2.º cuando la longitud es de poca consideracion. En el primer caso se hallan todos aquellos en los cuales la lon-

gitud es mayor que la que corresponda á 100 veces la latitud; y en el segundo los que no llegan á este término. En los cauces y canales de gran longitud, la velocidad es uniforme; de manera que las secciones del agua son iguales para todos los puntos del canal: esto se llama tener el *régimen arreglado*; de donde resulta que establecido el régimen, la cantidad de agua que sale por su desembocadura, debe ser igual á la que se recibe por el punto de entrada. Mas en los canales de poca longitud se presentan choques, remolinos y otras causas que alteran la marcha de la corriente, lo cual hace que el régimen varíe de un punto á otro; por cuya razon se hace muy difícil calcular el movimiento del líquido. Los canales y cauces que sirven para conducir las aguas descubiertas, tienen el perfil de figura de un trapecio ó de un rectángulo, y su fondo es horizontal respecto á la latitud é inclinado de un modo uniforme por lo que toca á la longitud.

174. Cuando la longitud corresponde á 100 veces la latitud, el régimen es constante, y se tiene $\frac{A}{L}$ para la inclinacion que corresponde á cada metro de longitud; siendo L la longitud para una altura de inclinacion A . Ahora bien, si V nos indica la velocidad media constante en cada seccion, C el contorno de la porcion mojada del perfil, a el área del perfil transversal del agua, y n la fraccion que multiplica el valor del trabajo debido á la resistencia de las paredes y del fondo; se tendrá que para una seccion cualquiera, el aumento de fuerza viva es nula mientras dura el paso de una á otra seccion; porque la velocidad V es la misma: la cantidad de trabajo qA debida á la accion de la pesantez, se destruye por la resistencia del canal sobre la longitud L que corresponde á la altura A , y se tendrá;

$$qA = \frac{nq}{g} \cdot \frac{L \times C \times V^2}{a}; \text{ de donde se deduce que, } V = \sqrt{\frac{gAa}{nCL}}$$

siendo el valor de q , como hemos manifestado tantas ve-

ces, 9^m,809 para el primer segundo de caída.

173. En estos cálculos debe tenerse en cuenta, que la velocidad V no ha de ser demasiado grande, porque aumenta la altura A . Además debe conocerse el volúmen del agua que un canal conduce en cada segundo, para saber apreciar su fuerza viva; si á esta cantidad la llamamos M , se tendrá $M = aV$.

Si la velocidad del agua pasa de treinta centímetros por metro, el agua corroe y destruye el fondo, las paredes y los ribazos; pero en el caso de reducirse á solos veinte centímetros, no tiene la corriente suficiente para arrastrar el limo y otros cuerpos que vienen mezclados con ella; de suerte que esta velocidad debe hallarse entre los 0,20 y 0,30.

LECCION XXXII.

Determinacion del peso y elasticidad del aire.--Pruebas de la presion atmosférica en todos sentidos.

176. Los fluidos elásticos son aquellos cuerpos capaces de disminuir de volúmen de una manera notable, cuando se les espone bajo una presion mas ó menos fuerte, y que ocupan constantemente las capacidades de los vasos que los contienen en virtud de la *fuerza elástica* de que estan dotados. El aire atmosférico y ciertos cuerpos simples y compuestos que presenta la quimica, se hallan en este caso. Los fluidos elásticos se dividen en *gases permanentes* y *gases no permanentes ó vapores*: los primeros son aquellos que conservan al estado gaseiforme á cualquiera temperatura y presion á que se espongan, como el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno, el aire atmosférico, etc. y los segundos son los que pierden su estado gaseoso bajo aquellas dos circunstancias, tales son; el cloro, el amoniaco, el ácido carbónico, el cianógeno, etc. Algunos

físicos designan con el nombre de *vapores* á los gases no permanentes que provienen de la accion del calor sobre algun cuerpo sólido ó líquido, cuyo estado deja de existir apenas disminuye la accion del fluido imponderado.

El estado de fluidéz aeriforme depende de la accion del calor, la cual tiende constantemente á separar las moléculas, y á disminuir la fuerza de cohesion hasta hacerla del todo insensible; por esta razon los gases estan dotados de esta fuerza de repulsion, por lo cual tienden siempre á ocupar mayores espacios que aquellos donde permanecen encerrados.

177. Los gases lo mismo que los líquidos estan espuestos á dos presiones diferentes; una que puede efectuarse sobre la superficie de la sustancia gaseiforme, y otra propia y peculiar de la materia que constituye el gas; la primera se trasmite por toda la masa, y la segunda está en razon de la profundidad ó altura del vaso. La suma de estas dos presiones es la que constituye en cada punto la presion propia del fluido aeriforme, llamada su *fuerza elástica*. Por consiguiente, se conoce con el nombre de *fuerza elástica* ó *fuerza de tension*, á la presion que ejerce un cuerpo gaseoso contra las paredes del vaso que le contiene. La tension separa las moléculas, obra de adentro hácia fuera contra los obstáculos que se oponen á la expansion, y sus efectos son del todo opuestos á los de la fuerza de cohesion ó atraccion molecular.

178. El globo donde vivimos se halla rodeado de una capa gaseosa llamada *atmósfera*, cuyo espesor se ha aprehendido en $9\frac{1}{2}$ leguas geográficas de altura vertical (Berzelius). Las sustancias que componen el aire atmosférico, desprovistas de fuerza de cohesion para poder adquirir el estado líquido ó sólido, se hallan al propio tiempo espuestas á la influencia del calor latente, el cual disminuye la accion de la pesantez, y la de aquellas otras fuerzas que tienden á aumentar la consistencia. La tierra por su fuerza

atractiva retiene la atmósfera á su alrededor, y por esta circunstancia no se estiende por el espacio infinito como debia suceder por la fuerza elástica de que estan dotados los gases que la componen; por la misma razon la tierra en sus dos movimientos de rotacion y traslacion, arrastra consigo la capa atmosférica que la rodea.

179. El *aire es pesado*, y esta propiedad fué ya indicada antes de Aristóteles: sin embargo, Galileo en 1640 fué quien puso en evidencia este peso haciendo el vacío en un globo de cristal provisto de una llave de paso, el cual pesó antes y despues del experimento, y notó que el globo pesaba mas lleno de aire que cuando estaba vacío. Esta verdad puesta en duda por algunos fisicos de aquella época, fué demostrada de un modo incontestable por Torricelli y Pascal.

Para probar que el aire es pesado, se emplea en los gabinetes de fisica un instrumento llamado *barómetro*, fig. 75. El barómetro consiste en una flechilla de balanza que gira por su eje sobre un punto fijo, en uno de sus extremos se halla una esfera de metal B hueca y muy delgada, y en el otro extremo una bala de plomo A, ú otra esferita maciza del mismo metal, cuyo diámetro es mucho menor que el de la primera, hallándose restablecido el equilibrio. Si este aparato se coloca en el platillo de la máquina neumática, tapándolo con una campana de cristal, y se extrae el aire, se nota que el equilibrio se rompe y la balanza se inclina del lado de la esfera hueca que tiene mayor diámetro. Este experimento nos prueba; 1.º que el aire es pesado; 2.º que los gases estan sujetos al principio de Arquímedes (150); y 3.º que en el acto de hacer el vacío, cada esfera gana proporcionalmente una parte del peso que perdió por la inmersión. Y como la esfera de mayor diámetro desalojó mayor cantidad de aire, lo que equivale á decir que perdió mas de su peso, resulta que debe ganar mas y hacerse mas pesada.

180. Toda vez que háyamos demostrado que el aire tiene peso, claro está que la atmósfera que circunda la tierra, ejerce sobre todos los cuerpos presiones mas ó menos grandes, segun la densidad y altura en que se hallan. Con efecto, Torricelli probó por la vez primera, que un tubo de unas 30 pulgadas de longitud, cerrado por uno de sus extremos y lleno de mercurio, si se invierte tapándolo de antemano por el otro extremo y se destapa así que la parte abierta se ha sumergido en el mercurio, la columna metálica baja, y se queda estacionada á cierta altura: esta altura es de 0,76 en el nivel del mar; pero si el experimento se practica con el agua, entonces la altura del líquido llega á 32 piés. De suerte, que el mercurio ó el agua que tienen los respectivos tubos, hacen equilibrio con una columna de aire que tenga por base el diámetro de los tubos, y por altura la que tiene la atmósfera.

Ultimamente, la presion atmosférica se prueba con un cilindro de cristal, el cual se tapa por la parte superior con una membrana, tan luego como se estrae el aire adquiere la superficie de la vejiga alguna convexidad, y se rompe con esplosion. Este aparato se llama *rompe vejigas*. La repulsion de las moléculas de aire se verifica en todos sentidos y direcciones: una vejiga semi-llena de aire, é introducida en el recipiente de la máquina neumática, se hincha considerablemente así que se va haciendo el vacío; pero tan luego como penetra en el recipiente el aire exterior y se restablece el equilibrio, la vejiga vuelve á ponerse arrugada como antes.

La presion atmosférica tiene lugar de abajo arriba, y por ella se presentan diversos fenómenos que llaman la atencion del vulgo: un experimento sencillísimo que prueba hasta la evidencia esta presion, es el que se consigue tomando un tubo de una pulgada de diámetro cerrado herméticamente por un extremo, el cual se llena de agua, se cubre por la parte abierta con una hoja de papel que se

opreme con la mano, é invirtiendo el pequeño vaso el agua se sostiene dentro del tubo por la presión que se verifica sobre el papel en sentido de abajo arriba.

LECCION XXXIII.

Medios de medir la presión de la atmósfera.-- Barómetros de diversas formas.

181. Todos estos experimentos debidos á Torricelli probaron de un modo incontestable la presión del aire atmosférico, y destruyeron aquella idea de los antiguos, *que la naturaleza tenia horror al vacío*. La columna líquida, bien fuese de vino, bien de agua ó mercurio, se equilibraba con otra de aire de la misma base y cuya altura correspondia á la de la atmósfera: se notó tambien que las alturas de estos líquidos eran mayores á medida que disminuian sus densidades, guardando entra si una elevación relativa á estos mismos pesos específicos. No contento Pascal con los resultados de los experimentos de su compañero, hizo repetirlos á su cuñado Perrier sobre el *Puy du dome*, y con efecto se notó, que los líquidos se mantenian á alturas menores á medida que mas se elevaba en la montaña, al paso que eran mayores cuando se bajaba, llegando á su punto regular en el nivel del mar. Desde entonces la presión atmosférica se tuvo como un principio científico, y la columna líquida como un medio ingenioso para medirla: todos los físicos repitieron estos experimentos, y el tubo de Torricelli fué un instrumento meteorológico de la mayor importancia, al que se dió el nombre de *barómetro*. Voz que resulta de dos palabras griegas que significan pesantez y medida.

182. Por consiguiente el *barómetro* no es otra cosa que un tubo de mercurio ú otro líquido, el cual se halla en equilibrio con la atmósfera. No obstante, si bien es

cierto que este instrumento nos da la presión que el aire ejerce sobre el baño de mercurio, también lo es que en la práctica de su construcción se notan inconvenientes, que solo puede vencer un físico experimentado. Daremos á conocer los principales detalles para la construcción de un barómetro.

Hay barómetros de varias clases, fundados todos en un mismo principio; pero que se diferencian por ciertas modificaciones que los recomiendan para determinados usos. Así es que tenemos el barómetro común ó de cubeta, fig. 76, el de cuadrante, fig. 77, llamado también de Jecker; el de Gay-Lussac, fig. 78, y el de Fortin fig. 79. Además en el día se ha puesto en uso el barómetro llamado *aneroides*, que he estudiado con alguna detención, y el de Bourdon.

183. La construcción del barómetro exige ante todo que el mercurio sea puro, el vacío barométrico perfecto, el diámetro del tubo igual en toda la longitud y dispuesto de modo que las variaciones de la columna metálica se puedan medir con comodidad.

Después de haber limpiado el interior del tubo, frotándolo con un pedacito de bayeta atado á un hilo bramante, se cierra uno de los extremos fundiéndolo á la lámpara de esmaltar; luego se llena de mercurio introduciendo primeramente una corta cantidad, la que se hace hervir para desalojar el aire intermolecular, y continuando de este modo hasta que se haya llenado perfectamente: entonces se tapa con el dedo índice ó con el pulgar, y se invierte para sumergir el extremo abierto en el baño de mercurio, en cuyo caso se separa el dedo: este barómetro es de *cubeta*. Los de *sifon* tienen el extremo abierto encorvado, y el mercurio que proviene del descenso de la columna se queda en la rama corta; estos barómetros se llenan hasta la parte curva, y quedan arreglados colocándolos en la posición vertical.

Se llama *cámara barométrica*, á la porcion comprendida entre el límite de la columna de mercurio y la parte superior del tubo, y como este espacio no contiene cuerpo alguno, constituye el *vacio barométrico*.

El *barómetro de cuadrante*, es un barómetro de sifon; dos contrapesos suspendidos del extremo de un hilo de seda que pasa por la garganta de una polea, indican las variaciones en la columna de mercurio. Para ello el eje de la polea comunica á la parte exterior, y tiene una aguja que gira sobre una circunferencia dividida convencionalmente: uno de los contrapesos algo mayor que el otro, flota en la superficie del mercurio, de modo que el aumento ó disminucion en la presion atmosférica, se señala por la aguja en la circunferencia. M. Gay-Lussac, ha hecho una pequeña modificacion, á fin de poder viajar con el barómetro sin que se descomponga: consiste en que el receptáculo se halla tapado en el extremo del tubo, y hácia el centro tiene un agujero capilar suficientemente grande para dejar entrar el aire, y lo bastante pequeño para que el mercurio no pueda salir. Además un poco mas arriba de la parte curva, tiene una capacidad cilindrica, dentro de la que penetra el tubo barométrico que se hace rematar en punta: la estremidad de esta punta se halla sumergida en un nivel constante de mercurio, por cuyo medio los burbujas de aire no pueden entrar en la cámara. M. Fortin ha ideado un barómetro de cubeta con el fondo móvil ó elástico, donde con un tornillo se hace subir el mercurio variando el nivel de la cubeta: el instrumento está colocado en una caja á la manera de baston, y es muy cómodo para viajar.

184. El barómetro *aneroides* es un instrumento de gran importancia, no solo para saber apreciar las variaciones casi insensibles que se presentan en la presion atmosférica, si que tambien por la comodidad con que puede trasportarse de unos puntos á otros, sin correr el grave ries-

go de inutilizarle como sucede con los de mercurio. Este barómetro ha superado al que con el nombre de *impiezómetro* propuso hace poco tiempo M. Tolie de Edimburgo; de suerte que segun opinion de algunos partidarios de este instrumento inventado por M. Vide de Paris, sobrepuja á cuantos se han presentado para medir la presión atmosférica; de tal manera, que su sensibilidad llega á tal punto, que se advierten los movimientos de la manecilla cuando se lleva por un plano inclinado. La palabra *aneroide* proviene de tres voces griegas que significan privativo, moja-do ó húmedo, y apariencia; cuya forma puede traducirse por *barómetro seco*.

La fig. 80, representa el barómetro aneroide reducido á un tercio del tamaño natural, y provisto de un termómetro *a*. En la fig. 81, se ve el instrumento por su interior con el objeto de conocer el mecanismo con todos sus detalles. DD es una caja cilíndrica de metal, dentro de la que despues de practicado el vacío por medio de una máquina neumática aplicada en la abertura F, se introduce una cantidad determinada de un gas conocido, y en seguida se tapa herméticamente. La palanca C C' tiene su punto de apoyo en los pilares B B', y está unida con el espiral S, el que se halla fija en la plancha que sostiene el aparato y detenida por la barra M, que proviene del centro de la tapa superior de la caja metálica DD'.

El peso del aire atmosférico que gravita sobre la caja metálica, es una fuerza que obra en la palanca CC' por medio de la barra M, cuya fuerza se halla contrarestada por la resistencia que en sentido opuesto le presenta el espiral S. De suerte que cuando varia la presión atmosférica, tambien cambia la disposicion de la palanca. Falta ahora apreciar estas variaciones midiéndolas en una escala, para lo que sirven las demás partes del aparato.

La varilla *a* unida al brazo C C' de la gran palanca y á la pequeña palanca *bl*, la cual se halla fija en el eje *x*, y la

otra pequeña palanca *d* unida tambien por un extremo al eje *x* y sostenida en el opuesto por la varilla *e*, de cuya estremidad pasa una cadenita metálica que va á enrollarse en el tambor del eje de la manecilla *g*, estan destinados al movimiento, y para contener los efectos que sobre vienen en la manecilla hay un rosorte *h*.

Semejante sistema de varillas y palancas comunica el movimiento del brazo de palanca *C* á la manecilla *g*, la cual señala en un arco graduado el efecto que los cambios en la presion atmosférica producen sobre la tapa *DD'*.

Se asegura que los efectos de la dilatacion son nulos en este barómetro, porque se hallan completamente neutralizados por el gas que contiene la caja, cuyos cambios de volúmen compensan el efecto de la dilatacion del metal.

Para arreglar y comparar este barómetro con otro de mercurio, basta aflojar ó apretar el tornillo *A*, por cuyo medio se sube ó se baja el espiral, hasta que la manecilla se coloca en la graduacion que se desea: lo mismo se consigue variando la posicion de la varilla *e* valiéndose de los tornillos que la sujetan. La segunda manecilla *m*, fig. 80, tiene por objeto apreciar el efecto de una presion dada, y anotar las alteraciones á que da lugar; esta manecilla, que es independiente de la otra *g*, es movable y obra sin la intervencion del eje.

LECCION XXXIV.

Aplicaciones mas importantes del barómetro—Constitucion fisica de la atmosfera.

185. El barómetro sirve para saber apreciar la altura media anual á que sube la columna en los diferentes lugares: para ello se observa generalmente cuatro veces al dia, y aun puede examinarse una vez cada hora, lo que da 24 observaciones; no obstante, se verifican á las 9 y á las 12

de la mañana, á las tres de la tarde y á las 9 de la noche. La que corresponde al medio dia, da la altura media del mes y del año, y las otras tres sirven para conocer las variaciones diurnas.

Para saber la altura media anual se sumarán las variaciones diurnas de un mes, y la suma dividida por el número de observaciones, dará un cociente que será la altura media de un mes: repitiendo esta operacion todos los meses, sumando los doce cocientes, y dividiendo la suma por doce, se consigue la altura media pedida.

El límite ó *máximum* y *minimum* á que sube ó baja la altura del barómetro, se llama *límite de las oscilaciones estremas*. Estos límites pueden buscarse para un mes y aun para un año, y se da el nombre de *gran periodo* á la diferencia entre el máximo de la mañana y el mínimo de la tarde.

186. De las observaciones que se practican á las 9 de la mañana, á las 3 de la tarde y á las 9 de la noche, resultan las variaciones *horárias*: estas se conocen tambien con el nombre de *periódicas*. En los paises situados entre los trópicos, el barómetro hace dos oscilaciones en cada 24 horas, y estas son tanto menores, cuanto mas nos aproximamos á los polos; de suerte, que pasados los 60° de latitud norte, apenas se hacen perceptibles.

En nuestros climas tampoco presentan mucha intensidad, y se nota que las horas de *máxima* y *minima* varían con las estaciones. El máximo de la mañana se halla en el verano entre las 7 y las 8, al paso que en el invierno está entre 9 y 10: en aquella estacion el de la tarde está entre 4 y 5, y en la última pasa de las 2 á las 3.

Además de estos dos periodos, se ha observado otro durante la noche por cuya razon se llama *periodo de la noche*: este se manifiesta por un descenso de la columna barométrica que empieza á las 9 de la noche y llega á su máximo á las 4 de la madrugada: algunos admiten un aumen-

to de las 10 á las 11 de la mañana, de donde resultan dos máximas y dos mínimas. Los periodos de la mañana son casi constantes en el ecuador y en los trópicos, y disminuyen á medida que aumenta la latitud. M. Flanquerques cree que la posicion de la luna y sus distintas fases, ejercen grande influencia en las variaciones de la columna barométrica.

187. El barómetro experimenta además *variaciones accidentales* debidas á la posicion del lugar, y al estado de la atmósfera atendida su mayor ó menor densidad. Con efecto, el barómetro puede considerarse como un tubo de dos brazos que se comunican, de los que uno está lleno de mercurio y otro de aire atmosférico; de suerte que el peso de la columna de mercurio, mide exactamente el peso de otra columna de aire; de modo que la columna barométrica mide la presion del aire. Si esta presion fuese constante é igual en cualquier punto de la superficie de la tierra, el barómetro indicaria que el aire es pesado, y su importancia seria pasajera; pero como aquella presion varia con la altura del punto observado, siendo menor á medida que mas nos elevamos, resulta, que la columna de mercurio varia de altura y da por lo tanto la medida de dicha presion. Además la atmósfera sufre con frecuencia modificaciones por la presencia de otros cuerpos, de donde se infiere que los efectos de la presion para un mismo punto son variables, lo cual altera de un modo sensible la altura de la columna barométrica.

188. De estas indicaciones se deduce, que el barómetro sirve para medir la distancia vertical ó altura de dos puntos dados. Si en la playa ó nivel del mar, la columna barométrica se eleva á 0^m,76 ó 32 pulgadas 4 líneas de la vara de Burgos, se infiere que la columna de aire en este punto pesa lo mismo que el mercurio que contiene dicha columna. Si subimos en la cima de una montaña donde la columna barométrica esté á 0^m,58, será innegable que

el aire en este punto pesa lo que el mercurio bajo la misma base. Nada mas fácil segun estos principios, que conocer el peso total de la atmósfera que rodea nuestro planeta. Basta saber cuanto pesa una columna de mercurio de una pulgada cuadrada de base y 0,76 de altura, multiplicar este peso por las pulgadas cuadradas que representa la superficie de la tierra, y el producto indicará el peso del aire atmosférico. Si representamos por p el peso del aire, por x el número de pulgadas cuadradas de que consta la superficie de la tierra, y por 15 libras el peso de la columna de mercurio de una pulgada de base, se tendrá; $p=15x$.

Por un raciocinio igual se puede conocer el peso de la atmósfera que gravita sobre el cuerpo humano. Sin embargo, ni el hombre ni ninguno de los seres vivientes experimenta los efectos de tan enorme peso, porque se equilibra por los fluidos que circulan entre los tegidos de los cuerpos orgánicos, y por la destruccion mútua de las presiones laterales. Mas como los barómetros bien sean cilindricos, bien sean cuadrados, miden solamente una columna de aire de igual base que la suya, y como además la esfera que forma la atmósfera tiene mayor radio que la tierra, resulta que entre dos tubos barométricos queda un cono ó pirámide invertida, cuyo vértice está en el punto de contacto de los barómetros, y la base en el limite de la atmósfera; de suerte que el sistema de barómetros mide solamente una cantidad de aire insignificante comparado con el volúmen que constituye la atmósfera.

189. El aire atmosférico tiene distinta densidad segun la altura á que se observa, y esta circunstancia complica los resultados que se consiguen con el barómetro. Las diversas capas ó fajas que constituyen el aire que rodea el planeta en que vivimos, disminuyen de densidad á medida que mas distantes se hallan de la superficie terrestre; pero tienen un limite en virtud de la pesantez que obra sobre

el aire, pasado el cual nadie puede decir si existe un vacío perfecto ó si reside algun otro fluido. Sin embargo, como los gases disminuyen de volúmen en razon inversa de la presión que sufren, resulta que aquellas capas darán una progresion aritmética y las densidades una progresion geométrica; de manera que si las alturas de la columna barométrica nos manifiestan dichas densidades, formarán la expresada progresion geométrica; y recordando una de las principales propiedades de los logaritmos se tendrá, que las alturas de la atmósfera vendrán representadas por los logaritmos de la columna del barómetro. No obstante, si nos atenemos tan solo á los logaritmos, resultará que la altura de la atmósfera estará representada por el logaritmo de su densidad, y como la densidad viene indicada por la altura del barómetro, resulta que la altura de la atmósfera que se halla sobre el lugar en que se verifica la observacion, puede considerarse como el logaritmo de la altura de la columna barométrica; y se tendrá, $\log. A - \log. a = x$; siendo x la altura pedida, y A y a los dos puntos observados. Claro está que será muy fácil calcular tablas logarítmicas correspondientes á cantidades de milímetro.

Si se tiene en cuenta la temperatura de los dos puntos observados; se tendrá, $D = 18393m \left(1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right) \log. \frac{A}{a}$ en cuya igualacion, D indica la distancia entre los dos puntos observados, A y a las dos alturas barométricas, y T y t las temperaturas del aire en grados del termómetro centígrado, no olvidando de reducir por medio del cálculo las alturas A y a á la misma temperatura. Cuando se conocen las alturas medias barométricas que les corresponden, la fórmula da la distancia vertical con la mayor exactitud, y siempre que la latitud del punto en que se verifica la esperiencia, es con corta diferencia de unos 45° .

190. Se ha observado que cuando la columna barométrica baja, el tiempo se pone lluvioso, hay vientos y aun

tempestad; y por el contrario cuando aquella sube, el tiempo aclara, se despeja la atmósfera y se presenta lo que llamamos *buen tiempo*. Estas variaciones van marcadas en una escala que tienen estos instrumentos, y aun cuando no presentan una absoluta confianza, son de grande interés para el físico. La altura media ó variable se coloca en el nivel del mar á 0^m,76, ó 28 pulgadas francesas que corresponden á 32 y 4 líneas españolas. La variable en Madrid se halla á 30 pulgadas españolas, y en Granada á 31 y dos líneas: debajo de esta variable van marcadas las alteraciones en lluvias y tiempos borrascosos, y encima se señala los tiempos claros y despejados.

LECCION XXXV.

Máquina neumática, su fundamento y aplicaciones.--Medios de conocer el vacío hecho.--Probeta.

191. La máquina neumática fué inventada en 1650 por Otto de Guericke: este aparato se destina para extraer el aire encerrado en una campana ó recipiente ú de otro vaso cualquiera, con tal que su figura sea circular. Consta de dos cuerpos de bomba cilindricos *a*, fig. 82 y 83, de dos émbolos *b* que se ponen en movimiento por medio de la palanca *c*, del platillo *e* donde se coloca la campana *t*, y de un barómetro truncado *g* situado á la mitad del tubo que pone en comunicacion el recipiente con los cuerpos de bomba.

192. La máquina neumática constaba en su principio de una bomba que se adaptaba á un recipiente del que se extraía el aire. Desde los primeros instantes de poner la máquina en juego, se notaba que el equilibrio entre el aire del recipiente y la atmósfera se habia perdido, y el recipiente quedaba adherido á la *platina* por haberse aumen-

tado la presión exterior. Por este medio el vacío era imperfecto, porque las válvulas se abrían y cerraban por la fuerza elástica del aire interior, cuya acción disminuía á medida que aumentaba la presión exterior; ó bien cuando la presión que tenía lugar sobre las válvulas no era suficiente para levantarlas. Reflexionando sobre el movimiento de esta máquina se verá, que si la masa de aire decrece en progresión geométrica á medida que los golpes de piston aumentan en progresión aritmética, la cantidad de aire que sale en cada golpe tiene siempre el mismo volumen; de ahí resulta una fracción que tiene por numerador el volumen del cuerpo de bomba, y por denominador este volumen mas la capacidad del aparato.

193. Cada vez que se eleva el émbolo E, fig. 84, no se halla ninguna cantidad de aire en el espacio que ha dejado, y si entonces se abre la llave C se oye un silvido parecido al del aire comprimido cuando sale por un tubo; de suerte que una parte del aire del vaso A, sale en virtud de su fuerza elástica. Cuando el aire ocupa todo el espacio y el equilibrio se ha restablecido en la capacidad que hay por debajo del piston, no se oye silvido alguno; si entonces se baja el émbolo E habiendo cerrado la llave C, el aire se escapa por la válvula V, y si en este caso se abre la llave y se eleva el émbolo, se nota el mismo silvido, el cual va disminuyendo poco á poco, hasta que la masa de aire del recipiente no puede ya disminuir mas.

194. Si suponemos que en cada golpe de piston sale $\frac{1}{12}$ avo del aire total, claro está que el fluido que queda en el recipiente, en virtud de su fuerza elástica ocupará constantemente su capacidad; de donde resultará que en el segundo golpe de piston extraerá $\frac{1}{12}$ avo del aire que quedó, y así sucesivamente hasta llegar á tal punto en el que el aire esté muy enrarecido, y los efectos del émbolo sean inapreciables.

La máquina neumática sufrió mas tarde modificaciones

de la mayor importancia, admitiendo primero dos cuerpos de bomba movidos por una doble manivela que gira sobre un piñon, por cuyo medio se equilibraron las presiones de la atmósfera sobre los dos émbolos. Se sustituyó la llave de paso por un agujero practicado en el grueso de las redondelas de cuero que forman el piston, que se tapa con una varilla que remata en cono. En el día M. Babinet ha introducido una modificacion con la que se consigue el vacío mas completo. Consiste principalmente en una llave de paso colocada en la bifurcacion del tubo horizontal, cuya figura es la de una T, y por este medio se pone en comunicacion el conducto horizontal con los cuerpos de bomba. Esta llave tiene en el centro una canal prolongada y situada en el eje principal de la máquina, que comunica con otras tres trasversales, de las que dos se corresponden sobre el mismo diámetro, y la tercera es perpendicular á esta línea: con esta mejora la máquina funciona con la mayor exactitud. Es de advertir que el vacío perfecto no se consigue jamás, aun cuando la máquina neumática esté perfectamente construida.

195. Para conocer el vacío puede emplearse un barómetro cuya cubeta esté en comunicacion con el recipiente. Claro está que á medida que la presión del aire interior vaya disminuyendo en cada golpe de piston, el mercurio irá bajando á la cubeta, su altura indicará la medida de esta presión, y por lo tanto cual sea el estado mas ó menos perfecto del vacío en el recipiente. Mas en el caso de que la columna metálica llegue á reducirse á *cero*, desde luego podrá decirse que el vacío ha sido perfecto.

Como en la práctica no es posible conseguir este vacío, sino que la columna se sostiene á tres, cuatro y aun á cinco pulgadas de altura, se adopta generalmente una *probeta* ó *barómetro truncado*, fig. 85, colocado en una campana, y puesto en comunicacion con el recipiente: esta probeta dá á conocer la presión del aire interior hácia el fin

de la operacion. Cada una de las dos ramas tiene de 1 á 2 decímetros de longitud, y la que remata en *a* se halla abierta, y la otra *c* está cerrada. El mercurio baja en la rama *c* y sube en la otra *a* á medida que disminuye la presión del aire que contiene el recipiente, y si fuese posible que el vacío se obtuviese de un modo exacto, se estableceria el equilibrio en el liquido metálico de las dos ramas; de donde resulta que la diferencia de nivel, da á conocer la medida de aquella presión, ó lo que es igual, el vacío, mas ó menos perfecto. Las máquinas que funcionan mejor dan el vacío á uno ó dos milímetros próximamente.

La máquina neumática tiene así en la física como en la química importantes aplicaciones. Basta considerar que sirve para probar la materialidad del aire, demostrando la pesantez de la atmósfera; se usa para dar á conocer la respiracion de los animales y ciertas funciones orgánicas propias de los vegetales, y para desecar los cuerpos, presentar la teoría de las fermentaciones, etc.

LECCION XXXVI.

Bombas para la elevacion de las aguas, su teoría y mecanismo.--Fuente de compresion.--Idem de Heron.--Pipeta.--Fuente intermitente.

196. La construccion de las bombas está basada en la máquina neumática. Estos aparatos se destinan para elevar el agua y llevarla de un lugar á otro: las bombas pueden ser de diversas clases, y varían segun el uso á que se destinan: consta de tres partes esenciales; tales son, los émbolos ó pistones, las válvulas y los tubos: el émbolo es un cilindro que llena exactamente la capacidad de un tubo que se llama *cuerpo de bomba*: el espacio determinado que recorre el émbolo durante su movimiento alternado se denomina *carrera*. La parte de la bomba que se introduce en el agua tiene unos agujeros pequeños para impe-

dir que entren piedrás ú otros cuerpos estraños, y el extremo del tubo está muchas veces cerrado con un tapon de madera que se apoya en el fondo del receptáculo. Hay bombas pequeñas que sirven en las fábricas para vaciar las calderas, otras se destinan para regar los jardines; las hay de grandes dimensiones para estraer el agua de las minas, para el consumo de las poblaciones y distribuir sus aguas, etc. Estas grandes bombas se mueven por medio de máquinas de vapor.

Las válvulas son unos diafragmas que se mueven en forma de visagra, y están colocadas en los tubos para interceptar el paso del liquido, segun que la presion se ejerce en tal ó en cual sentido, ó bien para facilitarlo cuando obra en el opuesto. En las bombas mas sencillas hay cuando menos dos válvulas, que se abren de abajo arriba para dar paso libre al agua ascendente, é impedir que vuelva á bajar: la inferior se llama *válvula durmiente*, porque no varíade sitio á lo largo del tubo, al pasó que la otra colocada en el centro del émbolo sigue en movimiento.

197. Las bombas se dividen en *impelentes*, *aspirantes* y *aspirantes é impelentes*. En las bombas impelentes la presion atmosférica para nada influye, porque sus efectos tambien se verificarian en el vacio; por consiguiente son de grande importancia para ascender los liquidos que tienen temperaturas elevadas, porque los vapores no perjudican su uso, ni mucho menos influyen en el ascenso del fluido. La potencia que pone una bomba impelente en accion, sostiene una columna liquida levantada que gravita sobre la cabeza del émbolo, de modo que la fuerza empleada para ascender el agua es igual, al peso de una columna liquida cuya base es la cabeza del émbolo y la altura la diferencia de los dos niveles superior é inferior; de manera que en la bomba impelente el limite de la ascencion estará representado por la intensidad de la fuerza que obra teniendo en cuenta el roce del émbolo y el peso de las

válvulas. El efecto producido por cada golpe de émbolo, consiste en levantar á la altura del desagüe un cilindro de agua de un volúmen igual al que el émbolo arroja en su carrera: claro está que toda vez que nos sean conocidas las dimensiones de la bomba y la intensidad de la potencia, será fácil calcular el tiempo que se necesita para llenar un receptáculo de una capacidad dada.

198. En la bomba *aspirante* el agua se eleva en el tubo de aspiracion á cierta altura, cuando el émbolo ha llegado á lo alto de su carrera, hasta que la columna líquida mas la elasticidad del aire equivalen á la presion atmosférica; de modo que el agua sube por efecto de esta presion. La presion varía segun los tiempos y lugares en que se verifica la observacion: en el nivel del mar sabemos que la variable se halla á $0^m,76$ de altura en el barómetro, cuyo líquido es el mercurio; luego multiplicando $0,76$ por $13,5886$ que es la densidad del mercurio, se tendrá una altura de $10^m,44$ á la que podrá elevarse el agua, si el tubo de aspiracion está perfectamente vacío. En las bombas aspirantes deben observarse tres condiciones para no equivocar el cálculo que da el efecto producido. Por la primera conviene no elevar el agua á la altura que representa el cálculo, porque el aire intermolecular y el vapor impiden el vacío perfecto, suponiendo que el émbolo se une con la mayor exactitud con el cuerpo de bomba; cosa á la verdad bastante difícil. Además la presion del aire varía segun indica la columna barométrica, y cuando esta presion se halla debajo de $0^m,76$ la altura del agua no llega á tener los diez metros. La segunda depende de la desigualdad de dilatacion entre las dos cantidades de aire que estan encima y debajo de la válvula durmiente; de suerte, que si el aire superior tiene la densidad mayor que el inferior, porque el émbolo haya recorrido un corto espacio, el agua no sube. Finalmente, podrá suceder que estando el agua sobre la válvula durmiente, la válvula del

émbolo no pueda levantarse, por que la presión atmosférica se haya hecho mayor que la posición en que se halla el émbolo. Por consiguiente, para evitar esta detención, es preciso que el cuadrado de la unidad de la altura á que se eleva el émbolo sobre el nivel del receptáculo, sea menor que el producto de la carrera del émbolo por la altura á que se eleva la columna de agua en el vacío. En el caso de que esta condición no se llene, la bomba no puede obrar y es preciso desecharla. Habrá en ella un espacio limitado comprendido entre los puntos fijos, donde serán las detenciones continuas, y suponiendo que el agua pudiera elevarse sobre el primer punto de detención, volvería á caer y no se obtendría efecto alguno.

199. En la bomba *aspirante é impelente* el émbolo no lleva ninguna válvula, y en su descenso obra sobre el agua que pasó por la válvula durmiente, cuyo líquido se ve obligado á salir por la válvula del tubo para marchar en su dirección. El émbolo aspira el agua durante la subida y en su descenso la comprime, subiendo á una altura mas ó menos grande en virtud de la presión que se ejerce sobre el pistón. Según esto las bombas aspirante é impelente tiene dos válvulas; una durmiente que se abre hacia dentro en virtud de la presión que obra sobre la masa de agua, y otra que se abre de adentro hacia fuera destinada á dejar pasar el agua cuando el émbolo obra en su descenso.

Las bombas mas conocidas, son la impelente, fig. 86; la aspirante, fig. 87; la aspirante é impelente, fig. 88; la de doble efecto, fig. 89; la real ó de doble émbolo, fig. 90; la de sacerdotes, etc.

200. La *fuelle de comprensión*, fig. 91, consiste en un vaso cuyas paredes tienen bastante espesor, y la boca dispuesta de modo que se le puede adaptar una bomba: una llave de paso permite que la fuerza de tensión del gas introducido, no ejerza su efecto si no á voluntad del físico

que opera. Se introduce en el vaso una porcion de agua hasta *a b*, luego se adapta la bomba, se inyecta una cantidad de aire mas ó menos grande que se va condensando en la parte superior del vaso, y cuando se ha introducido la suficiente se cierra la llave de paso: luego se quita la bomba y abriendo la llave, el agua sube á una altura proporcional á la tension del aire introducido.

201. En la *f fuente de Heron*, el aire se halla comprimido por la cantidad de liquido que está en el vaso superior, y su altura técnicamente hablando, es igual á la distancia de los dos niveles. Esta fuente, fig. 92, consta de dos receptáculos A y B, uno colocado debajo del platillo C en la parte superior, y el otro en la inferior, el cual sirve de pié al aparato: los dos están en comunicacion por medio de dos tubos *x* y *z*; de modo que el tubo *x* sale al platillo, atraviesa el depósito y llega hasta cerca del fondo del receptáculo B; al paso que el tubo *z* viene desde el depósito A y está en comunicacion con el B sin introducirse en él: otro tercer tubo E que llega á la parte inferior del primer depósito, sale fuera del platillo y sirve de surtidor. Una vez se haya llenado el vaso A de agua hasta cerca de la abertura del tubo *z*, se vierte tambien agua en B por el tubo *x*, y el aire encerrado en este receptáculo sube por el tubo *z* para reunirse con el que existe en la parte superior, el cual comprimiendo el liquido le obliga á subir por el tubo E á la manera de surtidor.

202. La *pipeta* es un tubo de vidrio ó de metal que remata con una esfera, que se halla provista de un tubo corto de figura cónica; si se introduce la esfera en algun liquido, este penetra por el cono y se llena hasta cierta altura, y si al separarla se tapa con el dedo el extremo del tubo, el liquido se mantiene en la esfera por la presion atmosférica; pero apenas se destapa, el liquido sale por el orificio cónico. Sobre este fenómeno se funda el *cata-licores*, el *embudo mágico* de los charlatanes etc.

203. La *fente intermitente* puede considerarse como una modificacion de la *pipeta*. Consta de dos receptáculos, uno inferior y otro superior: el primero se halla dividido en dos cavidades horizontales, que están en comunicacion por un agujero. Un tubo que de la cavidad superior del depósito inferior sube hasta la parte superior del receptáculo superior, sirve para poner en comunicacion el liquido que contiene este depósito con la atmósfera, y está provisto de dos, tres ó cuatro tubos de salida en direccion al receptáculo que le sirve de base. El agua que sale por estos pequeños tubos, se recibe en el depósito inferior, y como la cantidad es mayor que la que pasa por el agujero, se reembalsa y obstruye el punto de comunicacion que se halla entre la parte inferior del tubo para poner en contacto la atmósfera con el aire del receptáculo superior.

En la naturaleza se hallan fuentes intermitentes naturales: el agua que se infiltra al través de las capas permeables, va depositándose hasta que su nivel llega á la altura correspondiente al punto de salida. Claro está que para ello hay necesidad de un lecho de materia impermeable á fin de que sirva de vase al depósito, y que la altura de nivel sea la suficiente para la salida. En esta clase de fuentes naturales, las presiones de los terrenos sobre el depósito de liquido son insignificantes.

LECCION XXXVII.

Ariete hidráulico.--Prensa hidráulica.--Sifones.

204. El *ariete hidráulico* inventado por Mongolfier en 1737, se destina con preferencia para elevar las aguas, aprovechando la fuerza motriz del liquido que fluye de un manantial: en la práctica de este instrumento se consigue mas de un 60 por 100 de la fuerza que representa el agua.

y esta potencia apenas se obtiene con las ruedas de cajones mejor construidas.

Para dar á conocer este aparato, describiremos el modelo que existe en los gabinetes. Este ariete, fig. 93, consta de un depósito de agua A, el cual se halla en comunicacion con un tubo B y C que viene á rematar en el punto D, donde se halla una válvula que se abre de arriba abajo en virtud de su propio peso: el globo de cristal E se atornilla en *x*, y en la llave F está unido el tubo vertical *m n*, que concluye con el depósito O, continuando por el extremo opuesto hasta el fondo de la esfera de cristal: para que no dé con el orificio de salida del agua, se inclina un poco la punta de dicho tubo. En la union de la esfera con el cuerpo del ariete, existe una válvula *x*, que se abre de abajo arriba, y que está destinada para dejar penetrar el agua que viene á comprimir el aire del receptáculo E.

En este aparato el agua se eleva por el tubo ascendente, por una serie alternada de choques que cierran y abren la válvula D, y como cada vez se oye un golpe parecido á un martillazo, resulta que se pueden contar con facilidad el número de pulsaciones. Para evitar que el líquido que sube por el tubo vertical participe de estos movimientos alternados, está el receptáculo E lleno de aire, y sirve para que el surtidor sea continuo.

El ariete hidráulico experimenta diferentes modificaciones segun los usos á que se destina: así es, que se conocen *arietes aspiradores*, *arietes sifones*, etc. El tubo BC que conduce el agua se llama *cuerpo del ariete*, la estremidad D, E, F forma la *cabeza*: la válvula D se llama *válvula de detencion*, y la *x* *válvula de ascencion*.

205. La *prensa hidráulica* inventada por Pascal, está fundada en la poca compresibilidad del agua, y en el principio de igualdad de presion: esta máquina sirve para diferentes industrias agricolas y manufactureras. En este aparato, fig. 94, se notan dos partes distintas; la bomba ó

hombas aspirante y comprimente que da la presion, y un plato cuya parte inferior tiene la figura cilindrica, cónica, ó de un segmento de esfera, destinado á recibir aquella presion para trasmitirla á los cuerpos que se pretenden comprimir. Suponiendo que la seccion del émbolo S es la tercera parte del émbolo P, todo esfuerzo producido por el primero, dará sobre el segundo un efecto cien veces mayor. Por medio de la palanca un hombre puede hacer sin incomodarse sobre el émbolo S un esfuerzo de 300 quilómetros, el cual resulta de treinta mil en el émbolo P. Las presiones se miden en el manómetro x , ó bien con una válvula colocada en la primera porcion del tubo de la bomba.

206. Los *sifones* no son otra cosa que tubos encorvados, cuyos brazos son desiguales, y que se destinan para trasvasar los líquidos, obrando la presion atmosférica. Estos instrumentos, fig. 93, constan de dos ramas, una que se sumerge en el liquido y otra larga por donde se dilata el aire, haciendo que la presion atmosférica ejerza su accion sobre el fluido para que suba hasta la parte curva. Algunos sifones tienen una rama para aspirar el aire, la que no debe hallarse á la misma altura que la curvadura.

Hay ciertos vasos llamados *vasos de Tántalo*, en cuyo interior se ha colocado un sifon: en ciertos casos el sifon está dispuesto de modo que hace oficio de asa; estos aparatos llevan tambien el nombre de *sifones intermitentes*.

207. Se dá el nombre de *surtidores*, á unos chorros de agua que se elevan en figura cónica, piramidal ú otra cualquiera para caer tan luego como cesa de obrar la fuerza que actuaba. Los surtidores verticales tienen los orificios en paredes horizontales, y los parabólicos se hallan en una pared mas ó menos inclinada. Segun lo que digimos (165), el agua debe subir á la misma altura en que se halla el depósito; pero en la práctica se presentan ciertos obstáculos, como los rozamientos, la resistencia del aire y

el estorbo de las gotitas de agua que caen, los que se oponen á conseguir todo el efecto útil.

Para buscar la relacion que existe entre la altura del surtidor y la del depósito, se usa de la fórmula de Mariotte. Conociendo la altura del surtidor, que llamaremos x , representándola en piés, basta añadir tantas pulgadas cuantas unidades de por cociente $\frac{x}{5}$ elevado al cuadrado.

En los surtidores es necesario que el diámetro de los tubos sea proporcional á su longitud, y que además sean perfectamente cilindricos.

LECCION XXXVIII.

Movimiento de los gases.--Medios de regularizar la salida.--Gasómetros.--Cuerpos flotantes en la atmósfera.

208. Las masas formadas por sustancias gaseosas se constituyen en un estado de equilibrio, cuando la densidad de las diferentes capas horizontales decrece desde la base á su mayor altura, siguiendo una progresion geométrica. Admitida, aun que de un modo hipotético, la existencia de las capas horizontales, apenas una circunstancia cualquiera altera el paralelismo en que se hallan, el equilibrio se pierde, y en el fluido se establecen movimientos alternados en distintas direcciones, segun la intensidad y modo con que obra la causa perturbatriz.

Estos movimientos pueden resultar de la variacion de temperatura, del efecto de acciones mecánicas convenientemente aplicadas, ó bien del producto de presiones mas ó menos grandes. En el primer caso notamos que la accion del calor aumenta considerablemente la elasticidad de los fluidos aeriformes, y que este aumento es mayor cuanta mayor es la temperatura. La capa ó capas calien-

tes adquieren mas expansion ó se dilatan, por cuya razon disminuye la densidad ó peso específico, y siendo mas ligeras van á ocupar los sitios mas elevados: otras que estan frias y por lo tanto son mas pesadas descienden hácia los puntos bajos, y reemplazan á las primeras. El mismo movimiento tiene lugar en los gases cuando se sustrae una parte del calor: entonces las capas mas frias, siendo mas densas tienden á descender, al paso que otras mas ligeras se elevan á la parte superior.

En el segundo caso se hallan los movimientos que verifican todos los sistemas mecánicos en medio de un volúmen de aire que se halla en reposo. En general puede decirse, que todo cuerpo que se mueve en medio de la atmósfera, comunica al aire movimiento, y en ello se ha fundado la invencion de ciertos aparatos, especialmente las trompas y ventiladores que se emplean en la metalurgia. Finalmente, los gases encerrados en vasos apropiados y espuestos á una presion mas ó menos fuerte tienen movimientos que se hallan en el tercer caso, siempre que se escapen en el vacío ó en un medio que tenga una elasticidad menor.

209. Los fluidos aeriformes para salir de los vasos que los contienen por orificios practicados sobre cualquiera de sus paredes, necesitan, ante todo, que la presion interior por medio de la que la sustancia gaseosa sale hácia fuera, sea mayor que la anterior, que tiende siempre á contra-restar la fuerza elástica del gas y la presion que le impulsa á salir. No obstante, si comparando estas dos presiones, la de afuera hácia adentro resulta mayor, entonces una parte de aire entra en el aparato hasta que se establece el equilibrio; pero en el caso de que ambas sean iguales, el gas no saldrá por el orificio, por haberse establecido el equilibrio entre los dos fluidos; en una palabra, la salida de los gases por orificios está sujeta á las mismas condiciones que las que dimos á conocer para los líquidos.

notándose tambien, la contraccion de la vena fluida, el gasto teórico, el gasto práctico, etc.

210. Para apreciar la velocidad que tiene un gas al salir por un orificio, debe suponerse que la masa gaseiforme es un cuerpo liquido, que tiene la misma densidad en sus diversas capas y está espuesto á una presion igual á la que resulta de la fuerza elástica, menos la presion que corresponde al ambiente que le rodea. Toda vez que se haya admitido esta suposicion, se conocerá la velocidad pedida buscando la altura de una columna liquida que tenga la misma densidad que el gas, cuyo peso representará la presion que produce la salida por el orificio; en este caso, dicha velocidad es igual á la que adquiriria un cuerpo que cayese de esta misma altura (165).

Admitidos estos principios, fácil nos será buscar la velocidad que tendrá el aire á 0° y bajo la presion ordinaria, siempre que se escape en el vacío. Supongamos que la presion es de $0^m,76$ de mercurio, la que equivale á $10^m,33$ de agua; y teniendo en consideracion que la densidad del aire es á la del agua, como $0,0013 : 1$; resulta que una columna de aire que equivalga en peso á $0^m,76$ de mercurio, estará indicada por $\frac{10^m 33}{0,0013}$ de altura, y no

olvidando lo que digimos (165), un cuerpo que cayese de semejante altura adquiriria una velocidad de $594^m,81$ por cada segundo. He aquí, pues, la velocidad con que el aire penetra en el vacío bajo la presion ordinaria.

211. De aquí emanan varias consecuencias de la mayor importancia, á saber; 1.^a la velocidad con que un mismo gas penetra en el vacío es la misma mientras no cambie la temperatura, sea la que fuere la presion á que se espuso; porque como las densidades de un mismo gas á igual temperatura son proporcionales á las presiones, las alturas de las columnas fluidas cuyos pesos son equivalentes á las presiones son tambien proporcionales á aque-

llas, y estas alturas estan en razon inversa de las densidades; de donde se infiere, que cualquiera que sea la fuerza elástica de un mismo gas, la velocidad de derrame en el vacío será constante mientras la temperatura no varíe: 2.º las velocidades de los gases que entran en el vacío, estan en razon inversa de las raices cuadradas de las densidades; porque las alturas generatrices de las velocidades, estan en razon inversa de las densidades y las velocidades son proporcionales á las raices cuadradas de estas alturas.

Los gases que han de correr por tubos muy largos, sufren tambien una disminucion de velocidad que aumenta á medida que los tubos son mas largos y su diámetro menor. Para medir la velocidad de las corrientes de aire se usa el *anemómetro*.

212. Los físicos han inventado varios aparatos con el objeto de obtener una velocidad constante, procurando asi mismo una presion constante. Además de los que hemos dado á conocer (170), debemos ocuparnos de otro llamado *gasómetro*. En general puede decirse, que todos aquellos aparatos capaces de dar una corriente liquida constante y uniforme pueden servir para que los cuerpos gaseosos salgan con una velocidad constante: en este caso, el vaso que contiene el fluido está provisto de una tubulura por donde se introduce la corriente de liquido con una velocidad igual, y el gas sale uniformemente por un tubo lateral.

Los *gasómetros* son unos grandes vasos contruidos de sustancias metálicas, que sirven para recoger los cuerpos gaseosos y tienen la boca sumergida en el agua: estos depósitos, fig. 96, pueden considerarse como campanas de grande capacidad, provistas en su parte superior de una válvula A para dar salida al aire interior cuando se introduce en el agua para llenarle, y de una cuba hidroneumática B contruida de hierro, mamposteria ó madera segun la capacidad del aparato. Unos contrapesos DD dis-

puestos convenientemente sostienen el gasómetro fuera de la cuba, de tal manera que el nivel del líquido en la campana C esté á algunos centímetros por debajo del exterior: de este modo el gas tiene una fuerza elástica algo mayor que la presión atmosférica. Los tubos x y z sirven el primero x para conducir el gas desde los lavaderos ó punto de desprendimiento á la campana, y el segundo z para distribuirlo; estos tubos están provistos de sus llaves de paso m y n .

Cuando el gas entra en la campana C esta va subiendo, y se ayuda su fuerza elástica con los contrapesos DD; pero así que va saliendo la campana baja, se sumerge en la cuba y pierde una parte de su peso. Para compensar esta pérdida se quitan algunas pesas, ó bien se combinan los eslabones que sostienen la campana, de modo, que cada eslabon que pasa por la polea equivalga al peso que pierde la campana por su inmersión en el agua de la cuba. De este modo se consigue que el gas salga por el tubo con una velocidad constante, y se mantiene la diferencia entre los niveles interior y exterior.

En los establecimientos de gas para el alumbrado, la pulgada gasométrica es igual al gasto durante 1' por un orificio de una pulgada de diámetro, bajo la presión de 1 pulgada de agua: 10 mecheros de uso común consumen un pie cúbico de gas en 1'; de modo que la pulgada gasométrica puede alimentar 5 mecheros en una hora ó 300 durante un minuto.

213. Las leyes que hemos dado á conocer con el nombre de *principio de Arquímedes* (150 y 151), se aplican también cuando el cuerpo ya sea sólido ó líquido está sumergido en un fluido aeriforme. Y como las propiedades físicas de los gases corresponden al aire y vice-versa, resulta que al hablar de los cuerpos que flotan en la atmósfera, damos á conocer los principios á que se sujetará un fluido elástico cualquiera.

Un cuerpo sumergido en el aire puede hallarse bajo tres estados diferenres; 1.° en perfecto estado de equilibrio, si el peso del cuerpo es igual al del fluido desalojado, en cuyo caso la fuerza de empuje es tambien igual: 2.° podrá subir en la atmósfera si el cuerpo pesa menos que el fluido desalojado; entonces la subida se verifica en virtud del esceso de la fuerza de empuje, hasta que el peso del fluido desalojado es igual al del cuerpo, ó bien porque la gravedad del cuerpo se hace mayor: y 3.° descender hasta la superficie de la tierra, cuando el cuerpo es mas pesado que el volúmen de aire desalojado.

214. Sobre estos principios se ha fundado la elevacion de los globos aerostáticos. El aire cuya densidad sirve de base para buscar la de todos los cuerpos gaseosos, y se representa por la *unidad*, comparada con la de otros gases es muchas veces mas pesado, y se puede desalojar un volúmen de aire mas grave que otro igual del fluido aeriforme con quien se compara. El hidrógeno se halla en este caso: su densidad es de 0,0692, de modo que siendo unas 15 veces mas lijero que la atmósfera, irá á buscar las regiones elevadas: el hidrógeno carbonado y el aire dilatado sirven tambien para las ascensiones aerostáticas.

215. Los globos aerostáticos fueron inventados por Montgolfier: el 5 de junio de 1783 elevó este físico en Annonay un aerostático de tela forrado con papel. El aire dilatado por el calor que producía la combustion de algunas sustancias inflamadas, era el cuerpo lijero que elevaba el globo. A los pocos dias, el 9 de agosto del mismo año, Charles encerró en una cubierta lijera un gas menos pesado que el aire, é hizo su primera ascension en Paris. Pílate de Rossiers y el marqués de Arlandes fueron los primeros que se lanzaron en la atmósfera, y el 1.° de diciembre el mismo Charles y Robert subieron en globo perdido. (Para mayores detalles véase la primera edicion pag.

103 y siguientes, y mi curso de quimica artículo hidrógeno tom. 1.º).

Muchas han sido las tentativas que se han hecho de unos 40 años á esta parte para buscar el medio de dar direccion á los globos aerostáticos: creemos impropio de nuestro objeto recorrer la multitud de ensayos practicados, todos infructuosos; pero si diremos que la mayor dificultad consiste en obtener un movimiento bastante veloz que sea susceptible de encontrar en el aire la resistencia suficiente, para lo que es necesario una potencia considerable.

Acciones moleculares.

LECCION XXXIX.

Capilaridad. — Efectos que produce, y esposicion general de su teoría. — Endósmosis.

216. Se llama *accion molecular* la atraccion que tienen entre sí las moléculas ponderables, para presentarse bajo una forma dada; ó bien la adherencia de dos cuerpos por su contacto íntimo. La atraccion molecular que obra á distancias inconmensurables, modificada y aun destruida en su mayor parte en ciertas circunstancias, pertenece al dominio de las fuerzas químicas que estudiaremos en otro lugar (v. fuerza de cohesion, de combinacion y catalítica): de suerte, que el fisico solo se ocupa de la capilaridad, de la elasticidad y de la estructura de los cuerpos, cuyos fenómenos comprende el estudio de las acciones moleculares.

217. Sin embargo, la esperiencia demuestra que varios fenómenos debidos al simple contacto, no pueden ser

calificados como producto de la atraccion química, á pesar de presentarse á la simple apariencia como el resultado de una accion atractiva. Con efecto, un disco de cristal suspendido de un platillo de la balanza hidrostática y puestas las pesas suficientes en el otro platillo, adquiere mayor peso cuando la superficie inferior toca en algun liquido; otro tanto se observa con dos cuerpos sólidos, cuyas superficies de contacto se hallen perfectamente planas y bien dispuestas.

Esta propiedad de adherencia debida á la fuerza de cohesion queda sin efecto, tan luego como la distancia que separa á los dos cuerpos puede apreciarse por nuestros sentidos. La fuerza de cohesion es notablemente mayor que la de pesantez.

218. Se llama *capilaridad*, *accion capilar* ó *atraccion capilar*, á los fenómenos que provienen del contacto de los sólidos con los liquidos, de los liquidos entre sí y de los sólidos unos con otros, siempre que no se verifican por las leyes generales de la hidrostática. Estos fenómenos se presentan de un modo evidente cuando los sólidos que se ponen en contacto con los liquidos estan provistos de tubos de pequeño diámetro, cuyo calibre se compara al espesor de un cabello: á estos tubos se les conoce con el nombre de *tubos capilares*. En los fenómenos capilares hay que tener en cuenta la atraccion mútua de las moléculas entre sí, la accion de las paredes del tubo sobre el liquido, el estado particular de las superficies y el que presentan las capas inmediatas.

219. Cuando se sumerge en un fluido un tubo capilar, la columna líquida jamas tiene el mismo nivel que la masa donde se sumergió; si no que su altura es mayor ó menor segun la naturaleza del liquido y de la sustancia propia del tubo: basta introducir en agua ó mercurio en un tubo de vidrio abierto por sus extremos, y cuyo diámetro sea capilar para convencerse de estas verdades. Generalmente se

dice, que cuando el líquido puede mojar las paredes del tubo, la columna capilar se eleva sobre el nivel de la masa; y por el contrario esta altura es menor si el líquido no moja dichas paredes: así se ve que la columna se eleva con el agua, el alcohol, etc. y se deprime con el mercurio. En estos fenómenos debe notarse que la elevacion y depresion se halla en razon inversa del diámetro del tubo.

La superficie de la columna capilar es diferente segun hay ascension ó depresion: en el primer caso se presenta cóncava y se llama *menisco cóncavo*, y en el segundo es convexa y se dice *menisco convexo*.

220. En los fenómenos capilares se comprende tambien la atraccion, repulsion y adhesion de los cuerpos flotantes. Cuando dos cuerpos sólidos en parte sumergidos en un líquido, se han colocado á una distancia conveniente y luego se abandonan á sus acciones recíprocas, se acercarán hasta ponerse en contacto aparente, siempre que el líquido pueda mojarlos: el mismo fenómeno atractivo se verificará, si las sustancias flotantes no son mojadas por el líquido; pero habrá una repulsion mas ó menos grande si uno de dichos cuerpos es mojado y el otro nó.

Para explicar estos fenómenos seguiremos á M. Lamé en su curso de física dado en la Escuela Politécnica.

Considérense dos láminas de cristal colocadas verticalmente y bastante aproximadas para que el líquido pueda elevarse ó deprimirse sobre el nivel exterior $A'O$, de una altura AO , y compárense las presiones que se verifican en ambos lados de una misma lámina, fig. 97. Sean ABC y $A'B'C'$ dos filetes de líquido, el primero vertical en AB en el intermedio capilar, luego horizontal en BC y perpendicular á la lámina de cristal que se considera; el segundo bajando verticalmente en $A'B'$ por debajo de la superficie plana del líquido exterior, se encorva en $B'C'$ para rematar perpendicularmente en la lámina C' sobre la misma horizontal que el punto C . Si P representa la pre-

sion atmosférica, g la pesantez y d la densidad del liquido multiplicada por la superficie de la seccion comun de los filetes, la accion debida á la convexidad del nivel entre las láminas será $\mp M = g. d. \overline{AO}$. La presion ejercida en C sobre la lámina desde C hácia C' , será $P + A \mp M + g. d. \overline{AB}$ disminuida de A , cuya presion se debe á la superficie plana C . La presion que se verifica en C' sobre la misma lámina de C hácia C' , será igualmente $P + A + g. d. \overline{A'B'} - A$; pero como estas dos cantidades son iguales en virtud del valor de M , la lámina sufrirá la presion del liquido en toda la porcion bañada por él.

Mas en el caso de concavidad, si $\overline{AB}$ es menor que $\overline{AO}$, fig. 98, el punto C' se hallará colocado sobre el liquido esterior: entonces la presion C , que es $P + A - g. d. \overline{AO} + g. d. \overline{AB} - A$; ó $P - g. d. \overline{BO}$ es mas pequeña que la presion P que actua en C' . Asi en virtud del esceso de esta última presion, una lámina mojada, cuando el liquido se eleva sobre sus dos superficies á alturas diferentes, debe marchar hácia el costado donde la altura del liquido es mayor. Si cuando la superficie convexa, $\overline{A'B'}$ es menor que $\overline{AO}$, el punto C , que es $P + A + g. d. \overline{A'B'} - A = P + g. d. \overline{A'B'}$, es mayor que la presion P ejercida en C . Asi en virtud del esceso de la primera presion, una lámina que deprime un liquido á alturas distintas para cada una de sus dos superficies, debe dirigirse hácia el costado donde la depression es mayor. Por consiguiente cuando dos cuerpos flotantes ó dos láminas sumergidas en un liquido que pueda mojarlas, colocadas á una distancia conveniente se abandonan á sí mismas, deben aproximarse hasta el contacto aparente; otro tanto sucederá si ambas deprimen el liquido de la misma cantidad; pero si el liquido se eleva en una y se deprime en la otra, resulta que la elevacion y depression son menores entre sí, que sobre las dos superfi-

cies exteriores, en cuyo caso deben separarse segun los principios que dejamos espuestos.

221. Hacia 1827 M. Dutrochet observó ciertos fenómenos al parecer dependientes de la capilaridad, que designó con los nombres de *endósmosis* y *exósmosis*, lo cual quiere decir *corriente al interior* y *corriente al exterior*.

Cuando se interpone una membrana entre dos líquidos como agua y alcohol, azúcar ó albúmina, se nota que pasado algun tiempo los dos líquidos se mezclan en diferentes proporciones. En todos estos casos el agua atraviesa el diafragma membranoso y se introduce en el *endosmómetro* para anmentar la cantidad de líquido y elevar poco á poco su nivel, observándose que su cantidad disminuye en el vaso, al paso que aumenta en el tubo donde se ha colocado la disolucion de la sustancia orgánica.

Para esplicar estos fenómenos debe suponerse que en el interior de la membrana existe una fuerza especial, diferente de las fuerzas que conoce la ciencia, la cual se ha llamado *endósmosis* cuando la corriente se verifica hácia el interior, y *exósmosis* cuando tiene lugar hácia el exterior.

En el estado actual de la ciencia, el endósmosis se puede reducir á las tres proposiciones siguientes: 1.^a que esta fuerza no reside esclusivamente en los fluidos orgánicos, porque hay varias sustancias pertenecientes al reino inorgánico que tienen la misma propiedad: 2.^a que depende de la naturaleza de las laminillas que constituyen la testura del cuerpo en cuyo espesor se verifica: 3.^a que está tambien enlazada con la naturaleza de los líquidos que se ponen en accion.

Con efecto, la esperiencia ha probado que hay endósmosis siempre que el vaso contiene agua y el tubo ó endosmómetro una disolucion de alcohol, goma, azúcar, gelatina ó albúmina; al paso que habrá exósmosis si en el tu-

bo se ha colocado agua acidulada con ciertos ácidos. Parece que la capilaridad debe tener grande influencia en estos fenómenos; lo cierto es que la fuerza de endósmosis es de la mayor importancia para el reino orgánico, y ejerce su poderosa acción en las disoluciones de azúcar y albúmina, que son los dos cuerpos que se hallan disueltos en casi todos los líquidos vegetales y animales.

LECCION XL.

Acústica.—Produccion y propagacion del sonido en los diferentes medios.

222. Se notan en los cuerpos ciertas modificaciones físicas independientes de las fuerzas moleculares, de las que resultan oscilaciones ó movimientos vibratórios que producen sonidos mas ó menos gratos al oído, y cuyo estudio constituye la parte importante de la física llamada *acústica*.

223. El sonido resulta de una série de oscilaciones que se suceden con gran velocidad, cuando las moléculas de los cuerpos elásticos han sido separadas de la posición de equilibrio en que se hallaban: por consiguiente el aparato auditivo recibe una impresión mas ó menos intensa en razón de estas vibraciones, hasta que se restablece nuevamente el equilibrio. Cada vibración se compone de dos oscilaciones, y excita en el aire una ondulación de determinada longitud.

224. Todos los cuerpos de la naturaleza al estado sólido, líquido ó gaseoso, pueden propagar el sonido; pero no todos lo verifican con igual velocidad. Según esto, se vé, que el sonido no se propaga sin que un cuerpo sirva de intermedio; de suerte que en el vacío las sustancias sonoras dejan de serlo. Para probar esta verdad basta colo-

car dentro del recipiente de la máquina neumática, una campana de metal movida por medio de un mecanismo de relojería, y colocada sobre almohadillas de algodón ó pluma; á medida que el aire se desaloja del recipiente, va disminuyendo el sonido, hasta que apenas se percibe cuando el vacío es aproximado: entonces se ve que la manecilla choca sobre la campana de metal y no se oye ruido alguno. Si se deja entrar el aire en el recipiente, el sonido se distingue así que penetra el cuerpo ponderado, y cuando la presión interior y exterior se hallan en equilibrio, entonces se percibe con toda su intensidad.

En la propagación del sonido debe distinguirse el *ruido* del *sonido musical*: el primero es un sonido confuso y breve, que no puede buscarse el *unísono* con ningún instrumento de música, y el segundo es el resultado de las oscilaciones rápidas y prolongadas que tienen lugar en los cuerpos elásticos, ó bien es el producto de una serie de ruidos que se suceden rápidamente por intervalos de tiempo iguales.

225. Cuando se percibe y se compara un sonido aislado, deben distinguirse cuatro cosas; á saber la *duración*, la *intensidad*, el *timbre*, y la *gravedad del tono*.

La duración es igual al tiempo que invierte cada vibración del cuerpo sonoro. La intensidad depende, para un mismo medio, de la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro, la cual es constante en un espacio cilíndrico y disminuye en razón de la distancia al centro de conmoción siempre que se verifica en un espacio libre. El tono proviene de la velocidad de las vibraciones, siendo tanto más agudo cuanto mayor sea el número de estas para un tiempo dado. Y últimamente el timbre, que en la voz humana se llama *metal*, es la cualidad que se da al sonido por la naturaleza del cuerpo sonoro: el timbre nos dá á conocer que los sonidos, aun cuando tengan la misma intensidad y el mismo tono, provienen de diversos instrumentos. Tal

vez el timbre sea el resultado de ciertos sonidos secundarios que acompañan al principal.

226. El tono ó intensidad del sonido se demuestra por medio de cuerdas atirantadas, y de ello resultan *las leyes de las vibraciones de las cuerdas*. Al pulsar una cuerda tendida sobre un instrumento cualquiera y suficientemente atirantada, se nota que el sonido sale mas agudo á medida que se acorta ó se aumenta su tension. Las vibraciones son tan rápidas que no es posible contarlas, y pueden ser de dos clases; *transversales* ó que se verifican en sentido perpendicular á la longitud, y *longitudinales* ó en la direccion de la cuerda.

Representando por n el número de vibraciones que corresponden á un segundo, por l la longitud de la cuerda, por r el radio de esta, por d la densidad, por p el peso que la tiende y por π la relacion de la circunferencia al diámetro, se tendrá; $n = \frac{1}{r l} \sqrt{\frac{g}{\pi d}}$

De esta fórmula se deducen los principios siguientes: 1.º El número de vibraciones de una cuerda, está en razon inversa de su longitud; 2.º el número de vibraciones de dos cuerdas de igual naturaleza, está en razon inversa de su grueso ó de su diámetro; 3.º los números que representan las vibraciones de una cuerda son proporcionales á las raices cuadradas de los pesos que las tienden; 4.º los números que representan las vibraciones de dos cuerdas de diferente naturaleza química, estan en razon inversa de las raices cuadradas de sus densidades.

Los instrumentos para apreciar las vibraciones de las cuerdas son el *sonómetro*, el *manocordio*, la *sirena* y las *ruedas dentadas*.

227. La evaluacion numérica de los sonidos se mide por medio del sonómetro. Aplicando la escala musical y tomando por punto de partida el *do*, en que la longitud de la cuerda se representa por la *unidad*, se tendrán las lon-

gitudes que corresponden á las demás notas, de la manera siguiente;

<i>do,</i>	<i>re,</i>	<i>mi,</i>	<i>fa,</i>	<i>sol,</i>	<i>la,</i>	<i>si,</i>	<i>do;</i>
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$.

Mas como los números que indican las vibraciones de las cuerdas, están en razon inversa de su longitud, resulta que representando por *uno* las vibraciones que corresponden á la nota *do*, se obtienen las siguientes cantidades;

<i>do,</i>	<i>re,</i>	<i>mi,</i>	<i>fa,</i>	<i>sol,</i>	<i>la,</i>	<i>si,</i>	<i>do;</i>
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2.

Las seis primeras notas musicales fueron tomadas por Darezzo de las seis primeras sílabas de cada emisticio de la primera estrofa del himno de San Juan Bautista: en 1620 Lamaire añadió un séptimo tono que se llamó *si*. La octava consta de siete tonos, y el octavo corresponde al primero de la octava siguiente.

228. Los límites del sonido que nuestro órgano auditivo puede apreciar, se hallan en el *do* grave de la escala de *FA*, y el *do* sobreagudo en la de *sol*: el primero hace 32 vibraciones en un segundo, y el otro 16.384; los demas sonidos apreciables estan comprendidos entre estas dos notas. M. Savard hace percibir 14 oscilaciones en un segundo para el grave, y 48000 para el agudo.

Los sonidos se oyen sucesivamente unos despues de otros, ó se perciben simultáneamente: en el primer caso forman la *melodia*, y en el segundo la *armonia*. Cuando en la armonía se comparan dos sonidos con relacion á sus vibraciones, la distancia entre ellos se llama *un intervalo*; pero como esta comparacion se puede hacer varias veces tomando por tipo un sonido, resulta que debe haber diferentes intervalos: estos se dividen en segundas, terceras, cuartas, quintas, etc. y cuando se invierten poniendo la no-

la grave una octava mas alta, el unísono pasa á ser octava, la segunda séptima, la tercera sesta, la cuarta quinta, la quinta cuarta, etc. como se puede ver con las cifras que siguen:

1—2—3—4—5—6—7—8
8—7—6—5—4—3—2—1.

Los intervalos pueden ser consonantes ó disonantes: los primeros son aquellos que nos causan una sensacion agradable y dulce, y son la *tercera menor*, la *tercera mayor*, la *cuarta justa*, la *quinta perfecta*, la *sesta menor*, la *sesta mayor* y la *octava*; la cuarta justa, la quinta perfecta y la octava, se llaman *consonancias perfectas*, porque la menor alteracion en las notas las trasforman en disonancias: las segundas ó *disonancias*, resultan de intervalos que no tienen aquella propiedad.

La diferencia que existe entre las consonancias y las disonancias, proviene de las vibraciones respectivas á los sonidos; así la relacion entre las vibraciones de *do* y las de *mi bemol*, es su tercera menor una consonancia y se expresa por 5:6; la relacion entre las vibraciones de *do* y *re sostenido* en su segunda aumentada, es una disonancia, y dá la razon de 64:75; por consiguiente existe una diferencia entre los intervalos de sesta menor y quinta aumentada, de sesta mayor y séptima disminuida, etc.

229. Se llaman *acordes* los sonidos que se componen de muchos intervalos: los acordes pueden ser disonantes y consonantes; son consonantes cuando no tienen ningun intervalo disonante, y en el caso contrario son disonantes. En cada acorde hay una nota que se llama *principal*, *fundamental* ó *bajo fundamental*: los acordes son trece, pero pueden invertirse y aumentarse.

Se conoce con el nombre de *semi-cadencia* al reposo sobre al acorde perfecto de la *dominante*, y *cadencia perfecta* al reposo sobre el acorde de la *tónica*. El primero, ter-

cero y quinto grado de un tono cualquiera, se llama *tónica*, *mediante* y *dominante*: en el tono de *do*, por ejemplo, *do* es la tónica, *mi* la mediante y *sol* la dominante; el acorde de la tónica será *do—mi—sol*, y el de la dominante *sol—si—re*.

Se dá el nombre de *temperamento* á la pequeña alteracion que se hace experimentar á algunos semi-tonos para igualarlos cuando se afinan ciertos instrumentos. En la voz y en los instrumentos de cuerda, la flexibilidad en la primera y destreza del artista en los segundos, modifica el sonido y se consiguen todos los semi-tonos partiendo de un tono dado: pero en el fuerte-piano, el arpa, el órgano, etc. no es posible marcar esta multiplicidad de sonidos. porque el oído se afectaría de un modo desagradable. La voz de hombre se estiende en general de *sol* á *fa*, cuya estension comprende de 96 á 340 vibraciones en un segundo, y la de mujer de *re* á *la* que equivale de 288 á 856 vibraciones en el mismo tiempo.

230. En los instrumentos de cuerda las vibraciones pasan de la cuerda á la tabla superior por medio del *punte*, y de la tabla superior á la inferior por el *alma*; de ahí resulta un conjunto formado por la caja, el aire que contiene y la cuerda, que constituye un sistema vibrante, donde la cuerda da el tono y todas las partes del instrumento toman el unísono. Los instrumentos de viento pueden ser con lengüeta ó sin ella: en los primeros la lengüeta es una lámina vibrante puesta en movimiento por una corriente de aire, y los que no tienen lengüeta están provistos de una hendidura estrecha llamada *luz*, que atraviesa las corrientes de aire que chocan sobre la arista del labio. Respecto á los tubos, pueden estar abiertos por los dos extremos, ó bien tener cerrado uno de ellos.

231. M. Savart por medio de simples placas de metal ó de cristal cubiertas con arena, á las que comunica un movimiento vibratório pasando por los bordes un ar-

co de violin ó de violonchelo, hace que se señalen sobre la arena las *líneas nodales*: estas líneas son verticales ó paralelas al eje, segun que las velocidades de vibracion se han comunicado pasando el arco por medio de uno de los lados ó próximo á los ángulos.

232. Concluiremos esta leccion dando una idea de los *órganos de la voz y del oido*. El aparato de la voz humana consta solo de la laringe y del cuerpo tiroideo. La laringe es un órgano simétrico compuesto de muchas piezas movibles que constituyen una cavidad, la cual por arriba está en comunicacion con las fauces, y por abajo con la traquearteria: sus principales partes son los cuatro cartilagos llamados *tiroides*, *cricoides* y dos *aritecnoides*; ademas consta de la *epiglotis*, que es un fibro-cartilago, y de articulaciones, ligamentos, músculos y glándulas peculiares. Se dá el nombre de *glotis*, á la abertura oblonga situada en sentido horizontal, que se halla como perpendicular entre los dos ligamentos vocales inferiores. La laringe da paso al aire que se introduce en el momento de la inspiracion, y que saliendo por la espiracion forma la voz con sus diversos tonos. La epiglotis está destinada á tapar el agujero oval llamado glotis, é impide la introduccion de las sustancias alimenticias en el acto de la degluticion; de donde resulta, que en el segundo tiempo de la respiracion, el aire comprime y frota los labios de la glotis y los pone en vibracion por un mecanismo parecido al de una lengüeta de un instrumento sonoro.

El órgano del oido consta de tres partes; de la porcion esterna que comprende el pabellon y el conducto auditivo, de la porcion media que abraza el tambor y sus dependencias y de la porcion interna que consta de una serie de cavidades que llevan el nombre de laberinto. En la porcion interna del oido y sobre todo, en el espacio que media entre las cavidades huesosas y las membranosas,

así como en el interior de los senos de la misma especie, se halla un licor llamado *linfa de Cotunni*; y por estas membranas se ramifica el *nervio acústico*, que entra en el peñasco por el agujero auditivo interno, junto á la vez con el nervio facial: el nervio acústico es el órgano principal del sentido del oído.

LECCION XLI.

Velocidad del sonido.--Variaciones de la intensidad.--Formacion de las ondas.--Modos de vibrar de los diferentes cuerpos.

233. La propagacion del sonido en los diferentes medios, no se verifica con igual velocidad: así se nota que un disparo de pistola cerca de la cadena de un puente colgado se hace sensible al individuo que aplica el oído al extremo opuesto de la cadena metálica, antes que el que lo percibe por la trasmision del aire; del mismo modo se distingue perfectamente el ruido que ha producido un pequeño golpe dado en uno de los extremos de un palo de 40 ó 50 metros de largo cuando se aplica el oído en el opuesto: en este experimento es digno de notarse, que se oye de un modo claro el golpe que produce la caída de un alfiler, al paso que el aire no trasmite sensacion alguna.

Esta trasmision se verifica por una serie de vibraciones que tienen lugar sobre la materia ponderable. Cuando el sonido se trasmite por un fluido elástico, cada oscilacion imprime en el gas un movimiento uniforme, que se repite por intervalos iguales, porque son iguales las pequeñas impulsiones en que se descompuso la impulsión total. De ellas resulta, que las distintas capas de la sustancia gaseosa que sirve de intermedio, experimentan velocidades que pasan de la primera capa á su inmediata, y de esta á las siguientes.

La velocidad de trasmision puede sugetarse á los principios siguientes: 1.º cuando el medio por el que se trasmite el sonido es el aire, la velocidad es uniforme, con tal que no varíe la temperatura; 2.º que esta velocidad es la misma, cualquiera que sea la densidad del aire, no cambiando la temperatura.

De aquí se deduce, que la velocidad es independiente de la intensidad. Con efecto, la primera depende de la temperatura y aumenta á medida que el calor comunica al aire mayor fuerza elástica; pero la segunda solo está subordinada á la mayor ó menor densidad del medio que sirve para la trasmision.

Segun varias observaciones la velocidad del sonido en el aire á la temperatura de 16º cent. es de 340 metros por cada segundo, de 337,2 á 10º y de 331 á 0.º En el gas hidrógeno á cero grados, es de 1269 metros; en el ácido carbónico de 261, etc. Segun Colladon y Sturm la velocidad del sonido en el agua á la temperatura de 8º cent. es de 1435 metros por segundo. Los cuerpos sólidos transmiten el sonido con una velocidad mayor que las sustancias líquidas.

234. La intensidad del sonido decrece con la rarefaccion del medio que debe transmitirlo; así resulta, que á medida que disminuye la densidad del medio, disminuye tambien la fuerza del sonido. Esto quiere decir, que para un mismo cuerpo que sirve de trasmision del sonido su mayor ó menor intensidad estará en razon de la temperatura de dicho medio, y en general de su peso específico, disminuyendo á medida que aumenta aquella temperatura, ó que se rebaja la densidad del medio.

M. Gay-Lussac asegura, que en su viaje aerostático se le debilitó notablemente el sonido de la voz; Saussure dice, que un pistoletazo disparado en la cumbre de Mont-Blanc en los Alpes, produce la mitad del ruido que disparado en una llanura, y yo en mi viage geológico por la

Sierra Nevada verificado en los primeros días de Agosto de 1847, tube ocasion de observar ambos fenómenos hallándonos en la cumbre del Picacho de Veleta.

235. La intensidad del sonido aumenta con la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro, al paso que disminuye si nos alejamos de dicho cuerpo: en este caso se prueba por medio del cálculo, que las intensidades, para un mismo rayo sonoro, se hallan en razón inversa de las distancias al centro del movimiento: de donde resulta, que sobre un mismo rayo sonoro, *la intensidad decrece proporcionalmente al cuadrado de la distancia*. Sin embargo, cuando el sonido se oye á una gran distancia, experimenta modificaciones por la direccion é intensidad de los vientos, resultando de ahí que estas leyes se alteran notablemente.

236. La estension de una columna de gas modificada durante una oscilacion, se llama *onda sonora*, que se divide en *onda condensada* y *onda dilatada*: estas dos ondas son de igual longitud, y su reunion constituye una ondulacion. Para demostrar la formacion de estas dos ondas, sea una lámina AB, fig. 99, que esté vibrando en el orificio de un tubo cilíndrico EM' que se halla lleno de aire, y cuyo eje está en la prolongacion EE': cada uno de los movimientos vibratórios elementales que constituyen la primera oscilacion simple, se comunica á la capa de aire que se halla inmediata á la placa, de aqui pasa á la que se encuentra á continuacion, de esta á la que sigue, y de este modo continua la propagacion del sonido con una velocidad constante. Mas despues de haberse trasmitido el primer movimiento de la placa, la capa de aire queda en reposo hasta que recibe la accion del segundo; de modo que hay para cada impulsion una condensacion que está sujeta á las leyes del choque de los cuerpos elásticos; es decir, que es igual á la dilatacion. Por consiguiente, las ondulaciones sonoras comunican á las capas de aire, movimien-

tos sucesivos de condensacion y dilatacion, que constituyen superficies esféricas que aumentan de radio á medida que disminuyen de densidad. Si suponemos que todas las coordenadas de la curva $EBE'A$ se hallan distribuidas sobre el eje del tubo y en la distancia EM' , se tendrán las que presentan un caracter negativo desde E á M'' y las que están animadas positivamente desde M'' á M' ; segun esto, cada ordenada representará la velocidad que tiene la capa de aire en el mismo lugar, cuando la placa ha concluido de hacer la primera oscilacion completa. La porcion de la curva que indica el movimiento representada por $EC'M''MCM'$ forma una *onda sonora*, que consta segun hemos manifestado, de media onda que se condensa y otra media que se dilata: la una corresponde á las velocidades positivas y la otra á las negativas.

La vibraciones se manifiestan del mismo modo en todos los cuerpos, y como de las dilataciones y condensaciones sucesivas resultan momentos de reposo que se indican en cada onda sonora, se ha convenido llamar *nodos* ó *líneas nodales* á estos puntos de reposo, y se denominan *vientres* ó *líneas ventrales* los puntos que se hallan en movimiento. Si suponemos que las líneas rectas AB , $A'B'$ y $A''B''$, fig. 100, representan las cuerdas atirantadas en el estado de reposo, la figura X nos dará la nota fundamental y la X' y X'' el primero y segundo sonido de la armonía: nn son los nodos, y $mmmm$ los vientres ó líneas ventrales.

237. El sonido, lo mismo que el calor y la luz, se refleja cuando en su trasmision halla algun obstáculo: esta reflexion puede ser total y parcial, y en ambos casos el ángulo de reflexion es igual al de incidencia, geométricamente hablando. En este principio se funda la explicacion de los *ecos* monosilabos y polisílabos, y aun la de los ecos por medio del *torna-voz* ó de una bóveda de dos focos, como se observa en nuestra Alhambra en la sala llamada de los secretos.

Del calor.

LECCION XLII.

*Idea general de los fluidos imponderados y mas principalmente del calor.--
Aparatos empleados para su medida.*

237. Con frecuencia experimentamos varias sensaciones que se designan con palabras convencionales; pero que no nos es posible conocer el cuerpo que las han producido. Nadie ignora lo que es el *calor* y el *frío*; todo el mundo conoce los efectos de la *luz*; á todos causa espanto la ráfaga luminosa que deja el *relámpago*; pero ignoramos la naturaleza del agente que presenta tan sorprendentes fenómenos. Los físicos los esplican haciéndolos depender de un *ente* hipotético: en el estado actual de la ciencia se conocen algunas de las leyes que presiden á sus acciones, se aprecian los efectos y se sujetan á principios generales, sin que se pueda saber la causa que los ha producido. La influencia de estos agentes sobre la materia ponderable orgánica é inorgánica es de tanta importancia, que su ausencia produciria el reposo universal.

A últimos del siglo pasado se convino llamarles *fluidos* en virtud de su grande movilidad, calificándolos de *imponderables* ó *imponderados*, porque no se les podia determinar el peso. Alguno queriendo arraigar esta idea y presentarla como un principio científico, indicó que la imponderabilidad de estos agentes provenia de no tener *pesantez* ó *gravedad*, porque el planeta donde vivimos no tiene influencia atractiva sobre ellos. Cualquiera que sea la defnición que se admita para la *materia*, es innegable que no puede comprender al calórico, al luminico y al eléctrico.

porque no tienen los caracteres esenciales á ella: seria un absurdo calificarlos de *cuerpos*, cuando carecen de las propiedades peculiares á los cuerpos, ni tampoco de *materia sin peso*, porque todo cuerpo tiene pesantez. He aquí porque se ha propuesto designarles con el nombre de *dynámias*, voz de origen griego que significa *fuerza y forma*.

Hace cerca de un siglo que los físicos tratan de averiguar si las sensaciones que llamamos calor, luz, electricidad y magnetismo, provienen de un mismo agente modificado segun las circunstancias en que se pone en accion, ó si existen cuatro principios diferentes entre si.

El calórico y el luminico van en la naturaleza casi siempre juntos, las leyes que presiden al primero rigen tambien al segundo, sus velocidades de propagacion son las mismas; de suerte que se puede asegurar *a priori* que provienen de un mismo agente. Sin embargo, el paso avanzado que ha dado el estudio de los fenómenos caloríficos y luminosos por los importantes trabajos de M. Melloni, inducen á creer que son dos fluidos diferentes.

Otro tanto sucede con el eléctrico y el magnético: las modificaciones del electro-magnético nos presentan datos para asegurar, que los efectos debidos á estos dos fluidos son hijos de una misma causa. Además el fluido eléctrico se presenta luminoso y calorífico cuando halla un obstáculo que se opone á su movimiento. Por esta razon algunos físicos solo admiten dos fluidos esenciales, uno que produce los fenómenos caloríficos y luminosos, y otro los eléctricos y magnéticos. Parece no obstante, que la opinion que en el estado actual de la ciencia pueda admitirse, considera á estos cuatro agentes combinados con la materia donde existen al estado latente, y pueden manifestarse en circunstancias dadas bajo los cuatro estados ya dichos. Algunos los consideran como el efecto de una causa primera, que modificada de diversos modos se presenta como

calórico, luminico, eléctrico y magnético: esta hipótesis es la mas sostenible.

238. Para dar á conocer las leyes de estos cuatro fluidos se han presentado dos hipótesis. La primera indicada por los filósofos griegos, fué dada á conocer por Grimaldi y Descartes, y la segunda tambien de origen griego fué desenvuelta y sostenida por Newton: esta se llama *teoria de las emisiones*, y aquella *teoria de las ondulaciones*. La teoria de la emision supone la existencia de un ente material, cuya presencia nos hace experimentar las sensaciones de calor, y obrando sobre el órgano de la vista da á conocer la figura, color y tamaño de los objetos. Todo cuerpo caliente ó luminoso envia en todas direcciones una sustancia escesivamente dividida y tan ténue, que no podemos apreciar su peso é impenetrabilidad; es decir, las dos propiedades características de la materia. Segun esto el calor es un cuerpo que no tiene las propiedades de los cuerpos, y puede combinarse con ellos sin que se alteren las condiciones esenciales de la sustancia. La presencia de este agente en todos los cuerpos, puede modificar su estado hasta cambiarle completamente, oponiéndose á la fuerza atractiva de los átomos; pero la materia aun cuando por su naturaleza es esencialmente activa, no puede contrarestar su accion. Por consiguiente la hipótesis de la emision, supone que el calor y la luz son dos fluidos emanados de los cuerpos y trasportados de la sustancia que los contiene á aquella que los recibe por el intermedio del aire. De ahí resulta que el cuerpo cuando emite calor ó luz, pierde una parte del fluido igual á la que se desprende, que viene á ganar en parte aquel que los recibe: el calor y la luz se combinan en totalidad ó en parte con la materia, y toman el nombre de *calórico y luminico*.

En la hipótesis de las ondulaciones los átomos del cuerpo caliente y luminoso estan en un estado de vibracion al rededor del centro de equilibrio, las que son tanto mas

rápidas ó intensas cuanto mayor es la fuerza de la luz ó del calor. Estas vibraciones se transmiten por medio de un fluido *etéreo*, el cual se cree que está esparcido por toda la naturaleza, llena las partes materiales y ocupa el vacío y la inmensidad. En esta hipótesis el calórico y lumínico no son agentes materiales que se propagan por medio del aire y de los cuerpos que no se oponen á su paso, sino que los movimientos oscilatorios se transmiten al *éter* por ondulaciones, que se verifican con escesaiva velocidad y cuya amplitud es muy pequeña. La base de esta teoria está fundada en las leyes segun las que se propaga el sonido, y se esplican satisfactoriamente los fenómenos que provienen del calor y de la luz.

239. El agente que produce en nosotros las sensaciones de calor y frio, se llama *calórico*. Por consiguiente, el calórico es un ente imponderado, incohercible, que tiende á equilibrarse, cambia el estado de los cuerpos y obrando sobre cada uno en diferentes proporciones, los eleva á la misma temperatura.

240. Para probar la imponderabilidad del calórico, basta tomar partes iguales en peso de agua y ácido sulfúrico á 66°, é introducir estas sustancias procurando que no se mezclen: se pesa el todo con el mayor cuidado, luego se agita la mezcla y se nota un abundante desprendimiento de calor sin que cambie el peso, aun cuando el todo adquiera la temperatura del ambiente que rodea el vaso. El mismo fenómeno se observa si se frotan dos cuerpos resinosos ó vítreos: se desprende fluido eléctrico sin que cambien los pesos de las sustancias frotadas. Si un íman se calienta y luego se deja enfriar pierde la virtud magnética, pero conserva su peso; mas frotándolo convenientemente con otro íman vuelve á adquirir aquella propiedad. El calórico, y hablando en general, los cuatro fluidos imponderados son *incohercibles*; es decir, que no se les puede encerrar en un espacio dado.

Al reflexionar acerca la imponderabilidad del calórico, se ocurre desde luego una idea suficiente para aclarar la naturaleza de estos agentes. La cantidad de calórico desprendido que puede dar las temperaturas mas altas, pesará tan poco que nuestras mejores balanzas no serán suficientes para poderlo apreciar; en cuyo caso la imponderabilidad solo prueba la imperfeccion de nuestros medios experimentales. Por lo tanto la esperiencia indicada demuestra, que el calor desprendido tiene un peso insignificante. Pero hay otras consideraciones *a priori* que niegan á estos entes la ponderabilidad que se le supone por esta reflexion. Hemos dicho que la *pesantez* y la *impenetrabilidad* son las dos condiciones de la materia: la pesantez resulta de la accion atractiva que ejerce la tierra sobre los cuerpos que se hallan dentro de su esfera de actividad; de modo que si el calórico, el lumínico y el eléctrico estuviesen dotados de pesantez, tendrian fuerza atractiva y se precipitarian para concentrarse al rededor del globo, como sucede con el aire. Esta consideracion es suficiente para negar todo raciocinio que tiende á probar la ponderabilidad de los cuatro fluidos,

241. Cuando el calórico obra sobre los cuerpos aumenta el volúmen, y esto constituye la *dilatacion*; pero asi que pierden el calor, disminuyen poco á poco de tamaño. Segun esto, el volúmen de un cuerpo depende de la cantidad de calor que se le ha acumulado: la dilatacion ha dado origen al *termómetro*, voz de origen griego que significa *medida de calor*. Los termómetros toman diferentes nombres segun el cuerpo que se dilata: se llaman *pirómetros* cuando la sustancia que se dilata ó se contrae es un cuerpo sólido, y termómetros siempre que es un liquido ó un gas. Cada una de estas clases de termómetros comprende varias especies atendida la naturaleza de la materia dilatada, la division de las escalas y los términos que sirven de límite á dichas escalas.

LECCION XLIII.

Construccion de las diferentes clases de termómetros.

242. Parece que el termómetro fué descubierto por Galileo; pero Drebbel le dió á conocer en el siglo XIII. Su termómetro consistia en una esfera soplada en la estremidad de un tubo capilar, que se sumergia por el opuesto en alcohol teñido con cochinilla. Aplicando la mano á la esfera el aire se dilataba, y una parte salia al través del liquido en forma de burbujas; pero apenas se separaba la mano la contraccion producida por el enfriamiento dejaba un vacio, que ocupaba en seguida el licor coloreado á causa de la presion atmósfera. Los académicos de Florencia convinieron en cerrar el tubo despues de haber llenado la esfera y parte de él con dicho alcohol: mas como las graduaciones eran arbitrarias, dos instrumentos bien contruidos no podian compararse; de donde resultó la necesidad de tomar dos puntos fijos, tales fueron, la temperatura del agua hirviendo á 0^m, 76, y la del hielo cuando está licuándose.

Los termómetros que se construyen con un liquido, sirven para dar á conocer la temperatura de los cuerpos, si el calor no es muy intenso; los pirómetros se emplean para apreciar el calor de los hornos y de todos los focos, y los termóscopos, indican las pequeñas variaciones que sobrevienen en el aire.

243. Para construir un termómetro liquido, se procura un tubo capilar, de un diámetro interior igual en toda la longitud: esto se conoce introduciendo una pequeña columna de mercurio de algunos centésimos, y marcando las distintas capacidades que ocupa en dicho tubo. Si estas son sensiblemente iguales se puede usar para el objeto; pero si la diferencia en cada variacion llega á $\frac{1}{20}$ se dese-

chará. Luego se construye á la lámpara de esmaltar una esfera en un extremo, ó se le suelda un cilindro ó un espiral.

Cuando el tubo y la esfera se hallan bien secos, se introduce en el mercurio ó el alcohol coloreado, calentando la esfera para que salga una porcion del aire, y sumergiendo el extremo del tubo en dichos líquidos; entonces suben estos para ocupar el vacío que se forma por la contraccion debida al enfriamiento del aire. Se hace hervir el mercurio ú alcohol que penetró en la esfera para desalojar el aire, é introduciéndolo de nuevo en estas sustancias se llena la esfera y el tubo. Cuando este se ha enfriado, se calienta poco á poco para separar algunos glóbulos del líquido, procurando que la columna tenga la altura que se desea para la temperatura media: esto se llama *arreglar el curso á la altura*.

En seguida se cierra el instrumento derritiendo el tubo á la lámpara, y agarrando la punta con los alicates se prolonga el brazo separando el cristal de la llama: luego se rompe el tubo por el vértice del cono que se formó, se calienta la esfera y cuando el líquido asoma por dicho vértice, se separa la esfera del calor y se aproxima la punta del tubo al soplete; el cristal se funde y se forma un botón.

Los termómetros de alcohol tienen siempre alguna burbuja de aire, que se separa atando el instrumento por el extremo del tubo con un hilo bramante, haciéndolo girar con rapidez: la fuerza centrífuga hace que el aire se reúna en la parte superior del tubo.

244. La graduacion consiste en introducir la esfera ó receptáculo en el hielo machacado hasta que el líquido se quede estacionado, cuyo punto se señala con una raya; luego se pone á la accion del vapor de agua que hierve á la presión de 0,^m 76, y así que la columna no sube mas se señala del mismo modo. La distancia que comprenden estos dos puntos se divide en 100 partes iguales para la es-

cala centigrada, ó en 80 para la de Reaumur; el punto donde corresponde el hielo licuándose lleva el grado *cero*, y el que indica el del agua hirviendo bajo la indicada presión el 100 ó el 80. Todos los grados sobre cero se señalan con el signo +, y los que estan debajo con el —.

Estas dos divisiones de la escala termométrica se admiten por todas las escuelas. Por esta razón se señalan á cada lado del tubo para que puedan compararse. Los ingleses usan de la escala de Fahrenheit, que divide los dos puntos indicados en 180 partes iguales, marcando con el grado 32 el punto á que corresponde el cero; de suerte que el total es de 212 grados: esta diferencia resulta por que el cero en esta escala se obtiene con una mezcla frigorífica de hielo y sal marina.

245. Según esto, las escalas termométricas guardan la relación de 100:80:180; ó simplificando las razones 5:4:9. Con estos datos nos será muy fácil hallar la relación de los grados de una á otra escala. Sea, por ejemplo, el cuerpo A que funde á t grados de Fahrenheit, y se desea saber á cuántos de la escala centigrada corresponden. Recordando

que 9F equivalen á 5C, se tendrá; $9:5::t:x=\frac{5t}{9}=z$. En esta operación hay que restar del valor de t ó de los grados á que funde el cuerpo A, *treinta y dos*, y con la diferencia establecer la proporción como queda dicho.

Las reducciones se practican también de otro modo. Si dados un número de grados centigrados se quiere reducirlos á Reaumur, se multiplicarán los grados propuestos por 8, y separando del producto la primera cifra de la derecha, se tendrán los grados pedidos: así $19C \times 8 = 15,2R$. Si dados los grados R se pretende reducirlos á C, se sumarán los grados dichos con su cuarta parte, y la suma será los grados pedidos; así $15,2R +$ su cuarto que es 3,80 forman un total de 19C. Los grados de Fahrenheit se reducen á R, restando de los grados dados 32, y de la resta se to-

ma la tercera parte que sumada con su tercio dan los grados que se desean; así $40^{\circ}\text{F} - 32 = 8$: el tercio de 8 son $\frac{8}{3}$ y su tercio $\frac{8}{9}$; luego $\frac{8}{9} + \frac{24}{9} = \frac{32}{9} = 3\frac{5}{9}\text{R}$. Si queremos reducir grados R á grados F, se escribirá el número de grados debajo de sí mismos, se sacará la cuarta parte y sumando estas cantidades, se conseguirá la reduccion pedida; así $3\frac{5}{9}\text{R} + 3\frac{5}{9} + \frac{8}{9} = 8^{\circ}\text{F}$.: añadiendo á esta canti-

dad los 32° que se restaron en la operacion anterior, se consiguen los 40° propuestos en el primer caso.

246. Dos termómetros contruidos segun éstos principios pueden compararse entre sí; sin embargo los de mercurio son preferibles, porque la dilatacion de este metal desde 0 á 100° es proporcional á la cantidad de calor que se acumula. Además el efecto que se obtiene sobre el alcohol y el mercurio por una misma cantidad de calor es diferente; quando el termómetro de mercurio marca 75° , el de alcohol señala 70° por este esceso de sensibilidad se prefieren los que tienen el liquido metálico. El mercurio adquiere el estado sólido antes de llegar á -40° y en el acto de solidificarse se contrae de un modo notable; el alcohol rectificado permanece liquido á -85°C , por cuya razon se usan los termómetros de alcohol siempre que se trata de averiguar temperaturas inferiores á -30° . Los Sres. Dulong y Petit aseguran que la marcha de un termómetro de mercurio es exacta desde -36° á $+100$, é idéntica al termómetro de aire.

247. Se ha observado que pasados cuatro ó cinco años, el punto cero se eleva de un grado, aun quando el termómetro esté abierto. Algunos creyeron esplicar este fenómeno por medio de la presion que la atmósfera ejerce sobre el receptáculo; pero en el dia se admite que las mo-

lúculas del cristal sufren una modificacion particular, á la manera del *temple*. Esta hipótesis nada dice; mas es innegable que volviendo á graduar el instrumento ya no se nota esta modificacion.

248. Para averiguar las altas temperaturas de los hornos y demas operaciones de metalurgia, se usan los *pirómetros*: estos instrumentos solo permiten conocer los efectos del calor de un modo convencional y aproximado. Los dos pirómetros que se emplean con mas frecuencia son, el de Wedgwood y el de pasta de porcelana. El primero consta de una chapa de laton ó cobre, fig. 101, y de dos reglas iguales del mismo metal, soldadas sobre una de sus caras. La longitud de estas reglas es de 609,592 milímetros, y estan dispuestas de modo que forman una canal convergente, que tiene 12,7 milímetros por el extremo mas ancho, y solos 7,62 por el opuesto. La distancia comprendida entre estos dos puntos se divide en 240 partes iguales llamadas grados, empezando á contar desde el *cero* que corresponde al extremo mas abierto. Un cilindro de arcilla, calentado á 100° con 12,7 milímetros de diámetro y unos 14 á 15 de longitud, sirve de *índice* y forma el complemento del aparato. Para conocer la temperatura de un horno ú otro foco se introduce el índice algun tiempo y cuando frio se hace correr por la canal, y el punto en que se detiene marca la temperatura á que se espuso. Esto proviene de la contraccion de la arcilla, por la pérdida de agua que experimenta. Parece que esta disminucion de volumen es uniforme hasta los 50° del pirómetro, y despues sufre alteraciones qua ponen en duda los resultados. El autor de este pirómetro dice, que el *cero* equivale á 580°,55 de la escala centigrada, y cada grado á 72°,22: es probable que estos datos no sean mas que un medio de comparacion. Sin embargo, segun ellos fácil es representar en grados del termómetro centigrado la temperatura de un foco indicada en grados del pirómetro. Suponiendo

que T representa los grados del pirómetro, tendremos $T \times 72^{\circ},22 + 580^{\circ},55 = Z$.

El otro pirómetro, fig. 102, consiste en una masa cuadrangular de pasta de porcelana, que tiene en el centro una ranera ó encaje para recibir una barra de hierro ó de otro metal. La dilatacion lineal de la barra a se indica por la flechilla b en el cuadrante graduado $c d$.

249. Los termómetros de gas ó *termóscopos*, se fundan en la dilatacion de un gas por el calor, prefiriendo para este objeto el aire atmosférico. Entre los varios que se han descrito, solo daremos á conocer el termómetro diferencial de Leslie, el termóscopo de Rumford y el termómetrografo llamado *termómetro de máxima y minima*.

El termómetro diferencial de Leslie, fig. 103, es un tubo encorvado á la manera de una U, cuyos extremos tienen dos esferas de igual capacidad. La rama horizontal y parte de las verticales hasta $a b$, se llenan con ácido sulfúrico teñido con cochinilla, y el resto con las esferas queda ocupado con aire atmosférico. Si el aire y la temperatura son iguales en las dos esferas, el liquido se pone á nivel, y este punto se marca con el grado cero. Cubriendo la esfera a con hielo, y la b con agua á $+ 10^{\circ} c.$, el esceso de fuerza elástica del aire de ésta, hará descender el licor colorado para elevarse en la otra rama, y el punto á que se eleva se señala con el grado 10: la distancia comprendida entre estos dos puntos se divide en diez partes iguales, y esta division se sigue en la parte superior é inferior del tubo. El termómetro de Leslie está dotado de grande sensibilidad, por cuya razon se emplea para medir las variaciones de temperatura, que apenas pueden observarse con los termómetros liquidos.

El de Rumford es un termómetro diferencial: la rama horizontal es mas larga que las verticales, y en el centro de aquella lleva una gota de mercurio que sirve de índice. Cualquiera variacion en el volúmen del aire de una esfe-

ra, rompe el equilibrio y el índice se dirige hacia la parte donde la tension es menor: la graduacion es igual á la del termómetro diferencial.

El *termométrógrafo* ó termómetro de máxima y mínima, fig. 104, se usa para conocer la máxima y mínima temperatura de un punto dado. Consta de un tubo con dos curvaturas que tiene en los extremos dos depositos: uno A que es esférico, y otro B paralelo á las dos ramas del tubo, que es cilindrico. La parte curva se llena con mercurio, el depósito B y la porcion del tubo hasta el liquido metálico con alcohol, así como la mitad de la esfera A y todo el depósito B; dejando el resto de dicha esfera ocupada por el aire. Dos pequeños índices x x' con el eje de acero, estan flotando en los extremos de la columna de mercurio: la graduacion se consigue comparándolo con otro en iguales circunstancias. Los aumentos de temperatura se indican por el ascenso del índice x' á consecuencia de la disminucion en el volúmen del aire de la esfera: si la temperatura disminuye los líquidos se contraen y el exceso de fuerza elástica del gas de la esfera eleva el índice x .

Los Sres. Dolong y Petit han inventado un termómetro llamado de peso, que se emplea para observaciones del mayor interes.

LECCION XLIV.

Color radiante.--Influencia del estado de las superficies y experimentos relativos á esta propiedad.

250. Se llama *calórico radiante*, el calor que se propaga en linea recta al traves de los cuerpos diáfanos y del vacío. Una bala de hierro candente colocada en el centro de un aposento, envia el calor por entre las capas de aire: los rayos del sol atraviesan la atmósfera sin ser absorbidos de un modo sensible, y calientan á los cuerpos. Pero si la

sustancia espuesta á la accion del calor tiene la temperatura mas baja que la del medio donde se halla el calórico, que tiende siempre á equilibrarse, aumenta la temperatura del cuerpo hasta que se establece el equilibrio. De aqui se sigue: 1.º que los cuerpos calientes dejan desprender una parte de su calor libre, ó retienen alguno del que le envian otras sustancias hasta que adquieren la misma temperatura; y 2.º que el fluido calórico se propaga siguiendo la direccion rectilínea. Probaremos esta verdad recordando el movimiento que hacemos cuando nos aproximamos á un foco de calor, que colocamos la mano ó otro objeto como un papel ó un abanico delante de la cara, y esto es suficiente para impedir aquella sensacion desagradable: aqui se notan dos cosas; 1.ª que el espesor del papel es bastante para interceptar los rayos caloríficos; y 2.ª que el fluido no sigue la posicion y figura del cuerpo que se interpuso para volver á tomar su primitiva direccion.

251. Se llama *rayo de calor*, al que se propaga siguiendo la direccion que marca una línea recta que desde un cuerpo caliente se tira en cualquiera direccion. Si admitimos que esta propagacion se verifica por los movimientos ondulatorios del *éter*, un rayo de calor no será otra cosa que el centro de aquel movimiento, cuyo punto de partida estará en el átomo vibrante.

252. Todo cuerpo que varía de lugar, experimenta un cambio de temperatura, y se rompe el equilibrio hasta que adquiere la que tiene el recinto donde se ha trasportado.

Este cambio se verifica por *radiacion* y por *comunicacion*, y ambos medios constituyen el *calor dinámico*.

253. La radiacion y los poderes absorbente, reflejante y emisor, son los que restablecen el equilibrio; por que aquella se verifica cualquiera que sea la naturaleza de la materia gaseosa, y la clase de liquido que circunde el cuerpo caliente. La radiacion tambien tiene lugar en el vacío, y sigue iguales leyes que en el aire; notándose que

este fluido no altera estas leyes. De ahí deducimos, que todo cuerpo colocado en un medio cualquiera puede considerarse como centro de una esfera de accion, donde se emite, absorbe y refleja continuamente el fluido calórico. Esto constituye los poderes *emisor*, *absorbente* y *reflejante*: el poder emisor ó *radiante* es la facultad por la que los cuerpos dan una parte del calor que tienen: el poder absorbente es la facultad de apropiarse una parte del calor radiante que viene á herirlos; y el poder reflejante es la facultad de emitir una parte del calor que cae en su superficie. Pero considerando los rayos de calor con relacion á los cuerpos sólidos y líquidos, presentan cinco efectos diferentes: 1.º la trasmision inmediata é instantánea; 2.º la reflexion especular; 3.º la dispersion ó difusion; 4.º la emision; y 5.º la absorcion.

Los poderes emisor y absorbente, dependen de la naturaleza del cuerpo, y del estado de la superficie: quanto mas irregular y escabrosa se presenta ésta, mayor es la facultad de radiar y absorber. Segun esto, quanto mas pulimentada sea una superficie, mayor será su poder reflejante, y menor el radiante y absorbente. La radiacion del calórico se verifica á todas temperaturas; pero los cuerpos colocados en un medio que tenga una temperatura constante, adquieren poco á poco el mismo grado de calor que el gas que los rodea, sea cual fuere su posicion, naturaleza, estado de la superficie y primitiva temperatura. Mas establecido el equilibrio, permanece un tiempo indefinido, lo cual constituye el *equilibrio movable de temperatura*: este fenómeno proviene de la igualdad en los poderes emisor y absorbente, siendo nulo el reflejante. De aquí se puede inferir, que todos los cuerpos obran del mismo modo cualquiera que sea su accion sobre el calor, considerando á los poderes reflectantes de todos ellos como nulos ó absolutos.

254. La intensidad del calor radiante se demuestra por

medio de un cubo hueco de metal, conocido con el nombre de *cubo de Leslie*, fig. 105, de un reflector pulimentado y un termómetro diferencial: las cuatro caras laterales del tubo una está ennegrecida con humo de imprenta, otra pintada de blanco con albayalde, la tercera deslustrada y la última pulimentada. Se coloca agua caliente dentro del cubo, haciendo que el calor radiado por cada una de las caras, vaya á chocar sucesivamente en el reflector, que envia sus rayos en el foco donde se halla el termómetro diferencial: de este modo se observa que las distintas cantidades de calor emitidas por cada cara del cubo son diferentes, siendo asi que todas han sufrido la accion del fluido que les cedió el agua caliente. La superficie ennegrecida radia mayor cantidad de calor que las otras, y la pulimentada la que radia menos. Por esta razon todos los aparatos metálicos que reciben directamente la accion del calor, no se limpian ni se pulimentan por la superficie que se pone en contacto de este agente.

El calor radiado por un cuerpo en iguales circunstancias, es proporcional á la estension de la superficie que emite. Esta verdad se demuestra con el aparato de Leslie, empleando vasos de figura cúbica y de distinta capacidad; pero de la misma sustancia. Dentro de ellos se pone agua á igual temperatura, y se observa que esponiéndolos á la misma distancia del reflector, indican en el termómetro un exceso de temperatura proporcional á la estension de la superficie que radia.

255. *La intensidad del calor emitido está en razon inversa del cuadrado de la distancia*; con efecto, la intensidad calorífica de un foco decrece á proporción que aumenta la distancia. Esto se prueba haciendo reflejar el calor emitido por una misma cara del cubo á diferentes distancias y observando los excesos de temperatura cuando el termómetro se queda estacionado: semejantes estados de equilibrio entre el foco y el termómetro manifiestan las

cantidades de calor que el espejo ha recibido, y por consiguiente las que la cara del tubo emitió en cada una de las distancias á que se espuso.

Este principio se demuestra *a priori* suponiendo que durante la trasmision no se pierde cantidad alguna de calor. Sean las dos esferas concéntricas A y B, fig. 106, cuyos radios son CR y CR', tómesese sobre cada una de ellas la estension absoluta E, y se tendrá que interceptando cada esfera los rayos que se desprenden del foco que está en C, las cantidades de calor que llegarán sobre la estremidad E á las distancias CR y CR', estarán en la relacion de la superficie E á las superficies de las esferas, cuyos radios son R y R': de modo que siendo x y x' las cantidades de fluido, resultará que $x : x' :: \frac{E}{4\pi R^2} : \frac{E}{4\pi R'^2} :: \frac{1}{R^2} : \frac{1}{R'^2}$

LECCION XLV.

Reflexion del calor.--Reflexion aparente del frio.--Aplicaciones de la radiacion.

256. El poder reflejante es la propiedad que tienen los cuerpos de enviar una parte del calórico que cae sobre su superficie. Esto se prueba colocando dos espejos parabólicos, fig. 107, A y B á la distancia de cuatro ó cinco metros, de modo que sus ejes esten en una misma línea: si en el foco del espejo A se coloca una bala de hierro candente, en el de B un termómetro, y otro á la distancia media de los dos espejos, se observará que mientras el termómetro t indica un aumento de un grado, el colocado en el foco f' señala tres ó cuatro. Si en vez de estos instrumentos se pone en el foco de B un cuerpo inflamable como yesca, azufre, pólvora, etc. pasados algunos instantes se enciende.

El calórico que se desprende del cuerpo candente se

concentra en el foco del espejo B. Supongamos que de f sale un rayo calorífico fx , que va á chocar en la superficie parabólica del espejo A: este rayo despues del choque y en virtud de la figura del espejo, se refleja paralelamente al eje, y viene al espejo B donde sufre otra reflexion para concentrarse en el foco f' . Si en el punto x se tira la línea normal nm , el rayo formará con esta tangente dos ángulos; uno fxm llamado de incidencia, y otro nxs , que se dice de reflexion: el primero está formado por el rayo incidente fx , y el segundo contiene el rayo reflejo xs : estos ángulos son siempre iguales.

257. Si los espejos tuvieran la figura elíptica ó semicircular, los rayos no irían á concentrarse en el foco del segundo; si no que en el primer caso el rayo chocaría en la superficie, de esta sería reflejado al segundo foco, y despues volvería á la superficie; continuando de este modo hasta que el calor se hubiere difundido entre los cuerpos estraños: en el segundo caso el rayo va á la superficie y vuelve por reflexion al sitio de donde salió. Todo ello se prueba por medio de tangentes trazadas en los puntos de contacto del rayo con el espejo.

258. La reflexion de los rayos caloríficos experimenta notables modificaciones con la naturaleza del cuerpo. Si representamos por 100 el poder reflejante del laton pulimentado, el de la plata es de 90, el del acero 70, el del plomo 60, el del vidrio 10 y el del negro de humo 0. La relacion del rayo incidente al rayo reflejo, es para el vidrio como 100: 5,95, y para el laton como 100: 59,50. En la práctica se ha notado que la intensidad del rayo reflejado varía con el pulimento y la clase de trabajo que se ha empleado para la construccion de los espejos: un instrumento para la reflexion obtenido por el vaciado y pulimentado despues, refleja menos que los que se han construido á golpe de martillo. Ultimamente la inclinacion del espejo influye tambien en la intensidad del rayo reflejado. Las

superficies metálicas reflejan siempre la misma cantidad de calor, cualquiera que sea la intensidad del foco, y los medios empleados para obtener el fluido imponderado; de suerte, que ni la naturaleza del cuerpo que da origen al calor, ni su intensidad influyen en el poder reflejante de que se halla dotada una superficie metálica.

259. M. Pictet repitiendo el experimento del calor radiante con el hielo, dedujo que habia rayos frigoríficos, que se reflejaban segun las leyes del calor, y por lo tanto debia admitirse un *fluido frigorífico*.

Como el calórico tiende siempre al equilibrio, y la temperatura del medio que rodea el foco disminuye por el contacto del hielo, gozando este de su temperatura peculiar que representamos convencionalmente por el grado *cero*, resulta que hay una reflexion real; pero no de frio como habia admitido aquel físico, si no de calor la que se verifica á una temperatura baja.

260. Newton ha admitido que la fraccion de grado perdida en un pequeño instante por un cuerpo que se enfria, es proporcional al exceso de su temperatura sobre la que tienen los cuerpos que le rodean: este principio se llama *ley del enfriamiento de Newton*. Esta ley puede aplicarse cuando el exceso de temperatura del cuerpo sobre el medio que le circunde no pasa de 10 á 12°, porque de otro modo la velocidad de enfriamiento seria proporcional á su variable. Para probar aquel principio, se toma un termómetro diferencial que se coloca en una atmósfera, que tenga la temperatura constante todo el tiempo que dura una observacion; se adiciona á la escala una regla dividida en milímetros, y se procura que todo esté al abrigo de las corrientes de aire. Si con la mano se calienta una de las esferas hasta que el índice queda fijo y se mide la separacion total, se observa que el enfriamiento se verifica por intervalos iguales. Representando por x el número de milímetros que corrió el índice, se tendrá x', x'', x''' para

los distintos intervalos que pueden contarse de diez en diez segundos.

261. Cuando con una cinta se interceptan los rayos reflejados de la superficie parabólica de un espejo y de pronto se separa la pantalla, no se puede apreciar el instante que tardan los rayos interceptados en llegar al segundo espejo, aun cuando la distancia que los separa sea de 40 ó 50 piés. De aquí se sigue, que el calor radiante se transmite con excesiva velocidad, y los físicos le dan la misma que la del fluido luminoso; de suerte que segun ciertos esperimentos que citaremos en su lugar, la velocidad de propagacion del fluido calórico, es de unas 70.000 leguas en cada segundo.

El estudio del calor reflejado es de la mayor importancia para la construccion de los diversos hornos que se emplean en la metalurgia y demás que se usan en las artes industriales y manufactureras, para la de estufas, chimeneas llamadas francesas, y calderas que deben calentar grandes cantidades de liquido.

LECCION XLVI.

Trasmision del calor radiante.--Aparato de Melloni considerado únicamente como un termómetro de gran sensibilidad.

262. Se llama *trasmision del calor* á la facultad que tienen ciertos cuerpos de dejarse penetrar por este fluido sin aumentar la temperatura de un modo sensible. Esta facultad no está en la misma relacion que la transparencia; porque se ha notado que algunas sustancias muy transparentes se oponen á la trasmision del calor, al paso que otras como la *sal gema* gozan de esta propiedad en alto grado.

Los fenómenos de trasmision fueron indicados por M. Prevost y estudiados por De la-Roche: de este estudio se deduce, 1.º que el calórico radiante atraviesa el cristal, y la proporcion que pasa aumenta con la temperatura del

foco; y 2.º que el calórico que ha atravesado una pantalla experimenta al pasar por otra segunda una pérdida menor que la observada en el primer caso. M. Melloni en estos últimos años ha estudiado la trasmision del calórico empleando el aparato de Nobili, de donde ha resultado haber descubierto á este fluido nuevas propiedades adelantando de este modo tan importante estudio.

265. El aparato empleado por este físico consta de una pila *termo-eléctrica* (499), y de un *reómetro-multiplicador* (488), fig. 108. La pila está formada de 25 á 80 barritas de bismuto y antimonio soldadas alternativamente en forma de zig-zag. El reómetro multiplicador B, consiste en un hilo de cobre vestido de seda, colocado en forma de espiral en un marco cuyas dos estremidades se pueden poner en contacto con los de la pila; además se hallan dos agujas magnéticas *x* y *z* horizontales y solidarias, que tienen los polos encontrados: estan suspendidas de un hilo de seda sin torcer, y una de ellas se halla en el marco, y la otra encima de él poniendo debajo de esta un círculo graduado. Un foco calorífico C, que aquí es una lámpara de Locateli, un sustentáculo M donde se colocan los cuerpos para el ensayo, y dos pantallas P y P', acaban de completar el aparato.

Cuando las estremidades del reóforo se hallan en comunicacion con la pila, y el foco de calor se ha aproximado lo suficiente á cada una de ellas, el sistema de agujas *x* y *z* se desvía de su direccion. Las pantallas P y P' que interceptan la comunicacion de los rayos caloríficos con el cuerpo y la pila, pueden establecerla con facilidad, para cuyo objeto estan movibles. Las estremidades de la pila se hallan ennegrecidas con humo de pez, para absorber todos los rayos de calor. Además de la lámpara indicada, sirve tambien como foco un espiral de platino mantenido incandescente con la llama del alcohol, ó una placa de cobre delgada cubierta de negro de humo, que se ha ele-

vado con la llama del alcohol á la temperatura de unos 400°. Este aparato es mucho mas sensible que cuantos termómetros se han inventado, y su marcha puede compararse á un termómetro diferencial que tiene las esferas cubiertas con negro de humo.

264. Este aparato sirve para estudiar la propagacion libre del calor al través de ciertos cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos: aquellos que el calor radiante los atraviesa en ciertas circunstancias se llaman *diatermanos*, y los que resisten al paso de este fluido *atermanos*: en el dia se sustituye la voz *diatermano* por la de *DIATÉRMICOS*, y la de *atermano* por la de *ADIATÉRMICOS*. Melloni ha estudiado con su aparato al calórico y lumínico, estableciendo el límite que separa á estos dos fluidos, y considerándolos como dos agentes distintos. En este estudio introduce algunas frases nuevas, que sirven para dar á conocer las propiedades de los cuerpos respecto al calor radiante.

La palabra *diatermancia* sirve para manifestar la propiedad de ciertos cuerpos de transmitir una parte alicuota del rayo incidente.

La voz *diatermancia* tiene por objeto dar á conocer que el cuerpo solo deja pasar á cierta clase de rayos: esta voz equivale á la de *color* que usamos en el estudio de la luz. Melloni propone sustituir la palabra *diatermancia*, por la *termocroso*, que es mas significativa, y equivale á decir *coloracion por el calor*. De ella hace derivar los adjetivos *termocrícos* y *atermocroícos*, que aplica á los cuerpos diatermanos que se conducen respecto al calor, como los cuerpos diáfanos colorados é incoloros con relacion á la luz: llama *leucotérmicas* á las sustancias que *dispersan* el calor sin cambiar de composicion, cualquiera que sea por otra parte su naturaleza, como sucede con los cuerpos blancos y la luz, y *melanotérmicos* siempre que absorben el calor incidente casi en totalidad y obran como las materias de color negro respecto á la luz.

Segun esta nomenclatura, el aire atmosférico, los gases y la sal gema son los únicos cuerpos conocidos hasta el dia que pueden colocarse en la clase de los *atermocróicos*, porque transmiten los rayos caloríficos sin alterar su composición. El vidrio, el agua y otros líquidos incoloros, el cristal de roca, el gipso, etc. que son permeables á ciertas especies de calor, se colocarán como cuerpos *termocróicos*. El papel blanco, la nieve, el albayalde, la creta, etc. que gozan de la virtud de dispersar una parte del calor, absorbiendo otra de diversa especie, deberán llamarse *atermanestermocróicos*; pero se suprime *atermano*, siguiendo el uso de cuando se aplica la voz *colorado* sin otra alguna, que en ella va implícitamente la idea de opacidad. Los metales y sobre todo la plata y el oro mates, tienen la blancura calorífica, y constituyen los cuerpos *atermanos-leucotérmicos*, ó simplemente *leucotérmicos*. En fin el negro de humo, forma el tipo de los cuerpos *melanotérmicos*.

265. Se llama *dispersion* ó *difusion* del calórico, á la porcion de fluido obscuro que no sigue las leyes de la reflexion especular, y atraviesa la pantalla cubierta de un cuerpo atermano, para manifestarse sobre la aguja del reómetro multiplicador. Este calórico sufre una difusion parecida á la de la luz, que se distingue del calor radiante y del calor emitido por el cuerpo. El poder difusivo se observa en los cuerpos atermanos y diatermanos, cuando las superficies estan deslustradas, siendo de notar que los cuerpos blancos dispersan la luz de las sustancias incandescentes, así que su accion es insignificante, porque se verifica á una temperatura baja; al paso que en los metales deslustrados ó mates, y en particular el oro, la plata, el cobre, el platino y el estaño, el poder de dispersar es mayor que en los demás cuerpos. Esta cualidad del calor radiante se demuestra con un aparato análogo al que se ha descrito en la fig. 108.

LECCION XLVII.

Dilatacion de los cuerpos por el calor.--Coeficiente de dilatacion en los sólidos.--Dilatacion cúbica.

266. Todos los cuerpos cuando se calientan aumentan de volúmen, ó lo que es igual se dilatan; de suerte que ea volúmen de una sustancia depende, cuando se halla á la presión atmosférica, del grado de calor á que se espone; notándose que en circunstancias iguales, el mismo grado de calor da siempre el mismo volúmen. Sin embargo, parece que algunos cuerpos se contraen por este agente: la arcilla y las materias del reino orgánico se halla en este caso. Esta disminucion de volúmen reconoce siempre la pérdida de uno de los elementos, la combinacion mas íntima de ellos, ó la alteracion organo-química de los tejidos y productos que se espusieron á la accion del calor. Mientras que el pergamino, la cola, un músculo, tendón ó nervio no experimentan descomposicion, aumentan de volúmen, se hinchan y adquieren mayores dimensiones, es decir, se *dilatan*; de suerte que la dilatacion es una ley general á la materia.

Para probar la dilatacion se usa el anillo de S' Gravesant: consta de un anillo de metal, fig. 109, sostenido por el tornillo *a* en una palometa *b*; tiene una esfera *c* de la misma materia que pende de la cadenilla metálica que está unida á la palometa por un extremo, y finalmente, una lamparilla de alcohol *x*. A la temperatura ordinaria el diámetro de la esfera es sensiblemente igual al del anillo y pasa sin dificultad; pero así que se calienta aumenta de volúmen y no puede atravesar el anillo: por el enfriamiento vuelve á sus primeras dimensiones.

267. El calórico en la dilatacion obra siempre como un agente de repulsion y tiende á disminuir la fuerza atrac-

tiva: estas dos fuerzas son antagonistas, una que aumenta el volúmen de los cuerpos, y otra que procura disminuirlo. De ahí resulta que cuanto mayor sea la cohesión, menor serán los efectos del calor para una temperatura dada: por esta razon las sustancias muy duras son las menos dilatables. Por otra parte, como la fuerza de cohesión es variable para cada cuerpo, la dilatación para un mismo grado de calor es diferente en cada uno: de esto se infiere, que los líquidos son mas dilatables que los sólidos, y los gases mas que los líquidos.

La dilatación aumenta con la temperatura: segun Du-Long y Petit el aumento de volúmen es uniforme desde 0° á 100° , ó bien las diferencias que pueden apreciarse por medio de un termómetro de aire son insensibles entre estos dos extremos; pero la variación en cada grado se hace sensible entre 100° y 200° , y es mucho mayor entre 200° y 500° , etc.

268. La dilatación es *lineal*, *superficial* y *cúbica*: la primera tiene lugar en sentido de la longitud del cuerpo; la segunda se verifica segun la longitud y la latitud, y la tercera se presenta en toda la masa. La dilatación lineal es la relacion entre la longitud á 0° y su prolongación cuando la temperatura se eleva de 0° á un grado; la dilatación superficial es esta misma relacion tomada en sentido de la longitud y de la latitud, por cuya razon es doble de la lineal; y la dilatación cúbica es la relacion entre el volúmen á 0° y el aumento que tiene cuando pasa de *cero á un grado*: esta es triple de la lineal.

269. Se llama *coeficiente de dilatación*, á la cantidad que aumenta una unidad de volúmen por cada grado de temperatura en el termómetro de mercurio; es decir, la dilatación de la unidad de volúmen por la unidad de temperatura. El coeficiente de dilatación varia para cada cuerpo sólido y líquido; pero guarda mas uniformidad en las sustancias gaseosas: este coeficiente es mas peque-

ño en los sólidos que en los líquidos, y menos en estos que en los cuerpos gaseosos. También debo advertir, que el coeficiente de dilatación aumenta con la temperatura; de modo que disminuyendo la fuerza de cohesión, aumenta dicho coeficiente.

270. Para buscar la dilatación lineal Lavoisier y Laplace aconsejan sumergir verticalmente hasta el fondo de una cuba, una barra ó regla de cristal apoyada en la parte superior de dos fuertes travesaños de hierro, sostenidos de dos macizos de mampostería. Uno de los extremos de esta regla está en contacto con la barra sobre que se opera, y el otro se halla en comunicación con un brazo de palanca muy corto, que gira por la dilatación que tiene lugar en dicha barra. Estando el punto de apoyo de la palanca fuera de la cuba, conserva su temperatura é inmovilidad pudiendo hacer mas sensibles los efectos de la dilatación, haciendo que el gran brazo de la palanca tenga una longitud mil veces mayor que el brazo corto, por cuyo medio se indican las menores variaciones.

271. M. Ramsden modificó este aparato por medio de una varilla vertical ajustada á cada una de las barras, y en cuyo caso la dilatación se manifiesta fuera de la cuba: esta modificación evita los rozamientos y la flexibilidad del brazo de palanca.

272. M. Pouillet ha inventado el siguiente aparato. »Concibese, en efecto, que sobre una fuerte regla de hierro, fig. 110, se ha adaptado una alidada ab de diez ó doce decímetros de longitud, capaz de moverse en derredor del centro a y provista de un anteojo g cuyo foco sea muy corto: otro anteojo h fijo sobre la regla f en los puntos c y d , deja pasar la alidada ab por este intervalo, sin impedir los movimientos. Es evidente que si una regla mn se halla colocada delante de los dos anteojos, de manera que sus dos puntos m n caigan bajo de los hilos de que están provistos, apenas dicha regla experimenta una prolonga-

cion $m m'$ quedando el punto n fijo, será necesario volver la alidada $a b$ hasta que el punto m se ponga debajo del hilo del anteojo móvil; por consiguiente el extremo b de la alidada tiene que recorrer cierto número de divisiones $v v'$ que estarán señaladas en la regla de hierro. Conociendo desde luego la relacion de los brazos de la palanca $a m$ y $a b$, será fácil determinar el valor de $m m'$ por medio del número de divisiones $v v'$; y se tendrá, $\frac{m m'}{v v'}$

$$\frac{a m}{a b}.$$

Todo se reduce, pues, á determinar con cuidado la relacion de los brazos de la palanca y conocer con exactitud el número de divisiones recorridas por el cero de la alidada. Para ello basta colocar en el punto m delante del anteojo móvil y en direccion perpendicular á su eje, una pequeña pieza de metal en la que se han señalado con la mayor exactitud cuatro ó cinco milímetros: en éste caso basta hacer correr el anteojo cada division, para observar el número de milímetros que el extremo de la alidada recorre sobre la division $v v'$. En este aparato la longitud $a b$ es triple de la $a m$; pero un tornillo micrométrico fijo permite ver la divisiones en b que pasan por debajo del hilo, y apreciar con toda seguridad la variaciones de $\frac{1}{660}$ de milímetro;

de suerte que se mide $\frac{1}{1980}$ de milímetro de prolongacion en m . Así mismo se comprende, que si delante de los anteojos se colocan dos medidas de longitud que tengan alguna diferencia entre sí, se podrá apreciar esta diferencia hasta cerca de $\frac{1}{2000}$ de milímetro.»

273. Algunos físicos creen que el coheficiente de dilatacion de los cuerpos guarda una relacion constante entre 0° y 200° de la escala centígrada. Este coheficiente

es para el hierro $\frac{1}{7050}$, para el platino $\frac{1}{37700}$ y para el cobre de $\frac{1}{19400}$. El vidrio desde 0° á 100° su dilatacion es proporcional á la que tiene el mercurio, y el coheficiente será igual á $\frac{1}{58700}$; entonces el aumento de volúmen para un mismo grado es mayor en el vidrio que en el mercurio.

274. Por medio del cálculo se ha hallado que la dilatacion cúbica es triple de la lineal; en los cuerpos amorfos donde cada molécula está dispuesta de la misma manera respecto á las que la rodean, la dilatacion es igual en todos sentidos; de modo que trazando varias lineas en una direccion cualquiera, se verá cuando el cuerpo se haya dilatado, que conserva las mismas relaciones de longitud, y su figura es análoga á la que tenia antes.

Ahora bien, si V es el volúmen del cuerpo á 0° , y V' su volúmen á t° , claro está que bajo estos dos volúmenes sus figuras serán sumejantes; y como en los cuerpos semejantes los volúmenes son entre sí como los cubos de las dimensiones homólogas, resulta que siendo l y $l(1+\beta)$ dos dimensiones correspondientes; se rendrá, $\frac{V'}{V} = \frac{l^3(1+\beta)^3}{l^3}$

$= (1+\beta)^3$; y $\frac{V'-V}{V} (1+\beta)^3 - 1 = 3\beta + 3\beta^2 + \beta^3$: suprimiendo los términos β^2 y β^3 por ser β una cantidad muy pequeña, resulta $\frac{V'-V}{V} = 3\beta$; lo cual demuestra que la dilatacion cúbica es triple de la lineal.

Cuando la dilatacion tiene lugar en los cuerpos huecos, sigue las mismas reglas que si estuviesen macizos.

LECCION XLVIII.

—

Coefficiente de dilatacion en los fluidos.--Aplicaciones de la dilatacion en general.--Péndulos de compensacion.--Termómetro de Brequet.

275. Los fluidos lo mismo que los sólidos, se dilatan por la accion del calor. En los cuerpos líquidos se conocen dos clases de dilatacion: la *aparente* y la *real ó absoluta*. La primera es el aumento de volúmen de un líquido en un vaso que á la vez experimenta los efectos del calor, y la segunda es la que se nota en un líquido colocado en un vaso donde se supone que el calor no tiene influencia en él. Los señores Dulong y Petit aplicando el principio de hidrostática *de que cuando las columnas de dos líquidos se hallan en equilibrio, sus alturas estan en razon inversa de sus densidades* (150), han averiguado la dilatacion absoluta del mercurio.

Supuesto este principio, si se ponen en comunicacion dos tubos de igual diámetro por otro horizontal, y se llenan con mercurio hasta cierta altura, se establece la igualdad de presiones, porque el líquido es de igual naturaleza y las columnas se ponen á nivel. La accion capilar es nula atendido el diámetro de los tubos, y la igualdad de todas las presiones queda establecida, sea cual fuere la magnitud del tubo horizontal. En este estado, basta mantener á 0° uno de los tubos verticales, y elevar el otro de un número dado de grados; desde luego se nota que falta el equilibrio, y la columna caliente tiene mayor elevacion. Conocidas las dos alturas sobre el eje del tubo horizontal, y la temperatura de la que se dilató, se deduce cuales son las alturas de la columna fria y de la que se ha calentado sobre dicho eje: estas alturas pueden determinarse con el *Kathetómetro*.

276. La dilatacion aparente de los líquidos se conoce

observando la marcha de un termómetro de grande esfera, cuya capacidad con relacion á las divisiones del tubo nos es conocida : la dilatacion aparente del mercurio dentro del vidrio es de 0,00015434 ó cerca de $\frac{1}{6479}$ para cada

grado, y de $\frac{1}{65}$ desde 0° á 100°; de suerte que la dilatacion aparente del mercurio en el cristal, no es otra cosa que su dilatacion absoluta rebajada de la dilatacion absoluta del cristal.

277. M. Gay-Lussac buscando una ley general para la dilatacion de los líquidos, ha observado su contraccion cuando se enfrian de un número de grados : para ello indagó el punto de ebullicion de cada uno, y luego estudia las contracciones que corresponden á una misma temperatura. Siendo el punto de ebullicion de los diversos líquidos á distintos grados de calor, las fuerzas repulsivas son guales entre si.

El agua hierve á..... 100°

El alcohol á.....78,41

El percloruro de formilo á..... 60,8

El sulfido de carbono á.....46,60

El éter sulfúrico á.....35,56

El éter cloridrogénico á.....11,00

278. La dilatacion de los líquidos no es uniforme. Cuando la temperatura se halla próxima á un cambio de estado, las dilataciones y contracciones presentan grandes anomalías; entonces el coeficiente de dilatacion varía tambien para cada líquido, y aumenta con la temperatura; notándose además que la composicion de la vasija, especialmente si es de vidrio y la manera con que se construyó, influye en aquella variacion, sobre todo para las temperaturas elevadas.

279. Como la dilatacion aparente de un liquido es igual á su dilatacion absoluta disminuida del aumento de capacidad del vaso que le contiene, nada mas fácil que conocer *a priori* el coheficiente de dilatacion aparente de los instrumentos contruidos con las sustancias que se emplean para ellos, siempre que se conozcan los coheficientes de la dilatacion absoluta del liquido y de la cubierta sólida que le contiene. Sean C y C' los dos coheficientes de las dilataciones absoluta y aparente de un liquido, y Z el que corresponde á la materia sólida que forma el vaso cuando la temperatura pasa de t° á $(t + 1^\circ)$: represéntese por V el volúmen que el liquido ocupa á t° dentro de un vaso de figura semejante á la de un termómetro de mercurio, y por V' el volúmen aparente á $(t + 1^\circ)$, y supóngase que la sustancia del instrumento es invariable; en este caso la dilatacion aparente C' será la fraccion $\frac{V' - V}{V}$;

el volúmen del liquido que es V á t° , debe ser $V(1 + C)$ á $(t + 1^\circ)$; pero en el instrumento el liquido ocupa á esta última temperatura un volúmen igual á $V'(1 + Z)$; luego se tendrá $V(1 + C) = V'(1 + Z)$: lo que dá $C = C' + Z \frac{V'}{V}$. Mas como V' difiere muy poco de V , substituyendo la unidad á su valor, se puede adoptar la fórmula $C = C' + Z$. Con la balanza hidrostática se indagan tambien las pérdidas que experimenta una esfera que se sumerge en un mismo liquido á dos temperaturas distintas.

280. El coheficiente de dilatacion absoluta del mercurio, segun Dulong y Petit, es siempre de $\frac{1}{5550}$ para cada grado del termómetro desde 0° á 100° , ó 0,00018018; y el de la dilatacion aparente de $\frac{1}{6480}$ de su volúmen á cero, lo que corresponde á 0,000168703. Sin embargo, ultteriores observaciones han demostrado que el coheficien-

te de dilatacion admitido para el aire, era demasiado elevado.

281. Las fórmulas para la dilatacion de los gases, se deducen de una combinacion del principio de Mariotte y de la ley hallada por Gay-Lussac acerca la dilatacion de estos cuerpos. Si representamos por V y V' los dos volúmenes que ocupa un gas bajo las dos presiones P y P' á t y t' grados de temperatura, se tendrán seis cantidades, cualquiera de las cuales se podrá determinar en funcion de las otras cinco.

Dulong y Petit han observado que la dilatacion de los gases es uniforme desde -36° á $+400^{\circ}$ próximamente. M. Gay-Lussac para demostrar esta ley, usa de un aparato, fig. 111, que consta de una caja de laton aa colocada sobre un hornillo l , la que tiene dos aberturas laterales cc' para recibir dos termómetros, uno de mercurio x y otro de aire z : estos se hallan sobre la misma capa horizontal, y un poco mas bajos que el nivel nn' . La tapadera rr' tiene tres aberturas, de las que dos son para dar salida al vapor, y la tercera o para un termómetro cuya esfera está en el mismo plano que los otros. La temperatura del aparato se rebaja á *cero*, y luego se eleva de grado en grado hasta la ebullicion: para operar en sentido contrario se enfria del mismo modo hasta el grado *cero* que fué el punto de partida. Las temperaturas que desean observarse han de sostenerse al mismo grado todo el tiempo que dura la observacion. Para operar con acierto debe conocerse el número de divisiones que en el tubo t corresponden á la capacidad de la esfera á una temperatura dada; en cuyo caso la operacion está reducida á conocer por el índice el volúmen de aire en el tubo t , la temperatura con los termómetros, y la presion por la altura barométrica.

Si representamos por V y V' los dos volúmenes observados en el tubo graduado á las temperaturas de 0° y t° , por A y A' las alturas barométricas en las dos obser-

vaciones, y por x el coeficiente de dilatacion del vidrio, tendremos que si un gas ocupa el volúmen V á 0° y á la presion A , ocupará á t° y con la presion A' un volúmen igual á $V'(1+xt)$; suponiendo que la presion haya cambiado, el volúmen se reduce á $V'(1+xt)\frac{A'}{A}$. De aquí se deduce, que cuando la altura barométrica A es constante, la dilatacion de la unidad de volúmen del gas que pasa de 0° á t° viene representada por $\frac{1}{V}(V'(1+xt)\frac{A'}{A} - V)$.

282. El coeficiente de dilatacion de los gases hallado por Gay-Lussac es de 0,000375 o bien $\frac{1}{800}$, o $\frac{1}{267}$ desde -36° á $+100^\circ$. Algunos creen que el coeficiente no es el mismo para todos los gases; pero Dulong y Petit aseguran, que para el hidrógeno y el aire es idéntico desde -36° á $+366^\circ$; sin embargo, parece que disminuye cuando la temperatura escede á la de la ebullicion del agua. Segun estos fisicos, representando por 1 el volúmen de un gas á cero, el volúmen á 100 grados será $1+100 \times 0,000375 = 1,375$.

Rudberg ha dudado de los datos de Gay-Lussac, deduciendo de sus esperimentos, que el coeficiente de dilatacion del aire debe ser 0,364 ó 0,365 de su volúmen á 0° . Regnault asegura que este coeficiente desde 0° á 100° y bajo la presion de 0,500 á 1,500 es igual á 0,003665, considerando como ciertas las tres primeras notas significativas: segun esto, resulta una diferencia de 0,027. Este fisico ha demostrado que el coeficiente varía con las temperaturas. Algunos profesores aseguran que el valor del coeficiente de dilatacion de los gases no varía con la presion, mientras la temperatura sea la misma; pero los últimos trabajos de Regnault prueban que dicho coeficiente disminuye con la presion, al menos desde 656 hasta 388 milímetros.

283. Por lo que hemos espuesto se podrá conocer la importancia de los coheficientes de dilatacion. Al hablar de las densidades de los gases prescindimos de las dilataciones de los cuerpos por efecto de una misma temperatura. Segun esto, su volúmen no guarda respecto al fluido calórico una relacion constante; de modo que su densidad máxima debe buscarse á la menor temperatura posible: el agua se exceptúa, porque su densidad máxima está á $+4^{\circ},108$. Iguales precauciones deben tomarse para los cuerpos gaseosos, porque el vacío solo se obtiene hasta un punto convenido. Los señores Dumas y Boussingault han dado reglas para buscar la densidad de los gases; Regnault tambien se ha ocupado de esta materia, y su procedimiento ha orillado muchas dificultades.

En el dia se admite que el peso de un litro de aire seco á 0° y á la presion de $0^m,76$ pesa $1^g,3$; pero como un litro ó un decímetro cúbico de agua destilada á $+4^{\circ},108$ pesa 1000 gramos, la densidad del aire con relacion á la del agua es de $\frac{1,3}{1000}$, ó de $\frac{1}{770}$; y la del aire respecto á la del mercurio de $\frac{1}{10466}$; cantidad que resulta de dividir $\frac{1}{700}$ por 13,59 que es su densidad.

El estudio de los coheficientes de dilatacion nos enseña la necesidad de corregir la altura barométrica, por el aumento de volúmen que adquiere el mercurio en virtud de la temperatura de la atmósfera.

284. La dilatacion de los cuerpos sólidos nos indica que aumentándose su volúmen, la varilla de los péndulos adquiere mayor longitud, y la duracion de las oscilaciones varia, porque aumenta la distancia que separa el eje de oscilacion del eje de suspension. Para corregir hasta cierto punto los efectos del calor, se han inventado péndulos compuestos de cuerpos diferentes, cuyo sistema de varillas lleva el nombre de *péndulo compensador*.

Graham relojero inglés imaginó un péndulo, cuya lenteja era un vaso cilindrico de cristal con mercurio: Leroy relojero de Paris, propuso en 1758 un péndulo compensador fundado en la diferente dilatacion de dos metales, y Rober artífice de Paris, hace pocos años que ha introducido otro péndulo, que consiste en una varilla de platino que atraviesa una lenteja de zinc, fig. 115. En el péndulo de Graham el calor tiende á prolongar la varilla, y el centro de oscilacion baja; el mismo fluido obrando sobre el mercurio le dilata, lo cual hace subir dicho centro: la compensacion queda establecida, así que se conoce la cantidad de mercurio que ha de contener el vaso. Siendo l la longitud de la varilla, tomada desde el eje de suspension hasta el fondo del vaso, y x el cohesiciente de dilatacion lineal de esta varilla, que aquí es un tubo de cristal, se tendrá lx ; el aumento de longitud de esta cantidad hará bajar el centro de gravedad de la masa líquida para cada un grado de temperatura. Si x' es el cohesiciente de dilatacion aparente del mercurio en el cristal, y a la altura del mercurio, resultará $x' \frac{a}{2}$. Con estos datos se podrá establecer la igualdad $lx = \frac{a}{2} x'$. Sustituyendo á x y x' sus valores, obtendremos $x = \frac{1}{101100}$, y $x' = \frac{1}{6450}$; lo que da para el valor de $\frac{a}{l}$ cerca de $\frac{1}{9}$. Las dimensiones del péndulo Rober se buscan con esta misma fórmula: en ella a es el diámetro de la lenteja, l la longitud de la varilla, y x y x' los cohesicientes de la dilatacion lineal del platino y del zinc; que son $x = \frac{1}{113100}$ y $x' = \frac{1}{34000}$, lo que dá $\frac{a}{l} = \frac{680}{1131}$ que es un poco menor que $\frac{2}{3}$. Esto nos indica que el radio de la lenteja de zinc debe

ser la tercera parte próximamente de la longitud de la varilla de platino.

El péndulo compensador que está mas en uso, consta de muchas varillas de hierro y de laton dispuestas bajo una figura rectangular, fig 113. La varilla está unida al bastidor de acero B, dentro del que se halla otro A de laton, de cuyo centro pende la varilla que sostiene la lenteja P. Cuando el calor obra sobre este péndulo, dilata todas sus partes, y el centro de oscilacion bajaria, si el efecto del calor sobre el bastidor no se compensase subiendo la lenteja.

285. El termómetro Breguet es un sistema de tres láminas delgadas una de platino, otra de oro y la tercera de plata, soldadas á la manera de plaqué, laminadas despues, y dispuestas en forma de espiral. La estremidad superior está fija en la varilla de laton que se halla en el centro, y la otra tiene una flechilla muy ligera que se mueve alrededor de un limbo graduado: esta graduacion se hace comparándolo á un buen termómetro de mercurio. Los cambios de temperatura se manifiestan en el sistema metálico, que cuando se dilata aumenta las circunvalaciones, y por la contraccion disminuyen estas. La sensibilidad es tan esquisita que basta tener en la mano el eje por algunos instantes para que la aguja se desvie algunos grados. Los físicos han inventado además otros termómetros que se emplean para determinados usos; entre ellos debo indicar el *pirómetro de Borda* construido con cobre y platino, que sirve para la grande triangulacion que han emprendido los sabios franceses.

LECCION XLIX.

Conductibilidad de los cuerpos sólidos, líquidos y aeriformes.

286. Se llama *conductibilidad* de los cuerpos respecto al fluido calórico, á la facultad de absorber una parte

del calor para diseminarlo por toda la masa. Si calentamos el extremo de una barra de hierro, el fluido imponderado se propaga en toda su estension, y se manifiesta sensible á una distancia considerable. El calor acumulado se divide en dos partes: una que atraviesa la superficie del cuerpo y se difunde entre las sustancias que le rodean, y otra que se interpone entre las moléculas y constituye la *temperatura*. Esto presenta en el cuerpo dos propiedades distintas; la primera se llama *conductibilidad exterior ó penetrabilidad*, y la segunda *conductibilidad propia ó permeabilidad*.

Los cuerpos se dividen en *buenos y malos conductores del calórico*: los primeros dejan pasar al fluido entre sus partículas, como todos los metales; y los segundos oponen cierta resistencia al paso del calor, como el carbon, el azufre, etc.

La facultad conductriz no es igual para cada sustancia, aun cuando se examine entre los mejores conductores; así se vé que el oro que la posee en alto grado se representa por 1000, en el platino por 981, en el plomo por 180, etc. Cuando un cuerpo se calienta por un extremo, la temperatura de cada sección es diferente hasta que se establece el equilibrio: en este fenómeno se nota, que *si las distancias al baño ó foco crecen en progresion aritmética, los excesos de temperatura decrecen en progresion geométrica*.

287. Cuando el fluido calórico se desprende de un cuerpo sólido, es emitido de todas las moléculas que le constituyen; de suerte que cada partícula emite una cantidad de calor cuya intensidad depende de la temperatura, y en cada una de ellas se presentan los mismos fenómenos de absorcion y reflexion que observamos en los cuerpos de alguna magnitud. Sin embargo, si una molécula situada en el interior de un cuerpo, emite al exterior un rayo calórico en una direccion cualquiera, su intensidad decrece á

medida que aumenta la profundidad del foco. Como el fluido ha de atravesar el espesor de la sustancia, una parte del calor se difunde en este paso, pudiendo suponer que el rayo desaparezca del todo, á consecuencia de la absorcion que tiene lugar por los diferentes sistemas de moléculas. Admitida la radiacion particular, se esplica perfectamente la comunicacion del calor entre las diferentes capas de un mismo cuerpo, y los poderes emisivo, reflejante y absorbente que tiene la capa exterior; de suerte que todos los cuerpos de la naturaleza conservan su estado de equilibrio, ó bien se calientan ó se enfrian como si cada una de sus partículas obrase aisladamente.

Para apreciar la conductibilidad de los cuerpos sólidos, Fourier aconseja el uso de un cono inventido á la manera de embudo, con el fondo de pergamino: este vaso con mercurio y provisto de un termómetro, se coloca sobre planchas de espesor igual hechas con las sustancias que se quieren examinar, las que estan sobre un sustentáculo que se mantiene á una temperatura constante: los grados indicados por el termómetro, darán á conocer la conductibilidad de las planchas, siendo mayor cuanta mas elevada sea la temperatura que señale el instrumento. Yngenhoux dice, que se construyan pequeños cilindros con los cuerpos que se estudian, los que se cubren de una capa de cera igual en todos ellos; luego se colocan por un extremo en una caja que tiene agua hirviendo: la cera funde á 68° , y este punto marca la separacion entre la que ha sufrido la accion del calor transmitido por la conductibilidad y la que no se ha derretido. Claro está que el cilindro cuya seccion esté mas distante del extremo que se introdujo en el agua hirviendo, es el que tiene mayor conductibilidad.

288. Los líquidos son en general poco conductores del calórico. Las alteraciones que en ellos se notan por los cambios de temperatura, ocasionan un movimiento alternado que trasmite el calor en toda su masa. Las molé-

culas inmediatas al foco aumentan de volúmen y adquieren mayor lijereza específica, por cuya razon van á ocupar la parte superior del vaso; al paso que otras mas pesadas por estar frias descenden hacia el fondo. La existencia de estas dos corrientes una ascendente y otra descendente, se demuestra mezclando al agua una sustancia sólida reducida á polvo, y de densidad casi igual al líquido: el aserrin de encina es la materia mas apropiada para este experimento. El fenómeno es del todo igual si el líquido se calienta por la superficie superior: entonces el movimiento se verifica en sentido opuesto, y tarda bastante tiempo para transmitir la temperatura á las capas que se hallan en el fondo. El enfriamiento ofrece dos corrientes iguales que siguen las mismas leyes, aun cuando se retarde por medio de una sustancia mucilaginosa.

289. Los gases siendo mas dilatables que los líquidos y por lo tanto mas movibles, los movimientos de sus moléculas debidos á la accion del calor son mucho mas rápidos; de modo que su facultad conductriz apenas se hace sensible. La propagacion del calor y el enfriamiento, se verifica por corrientes que tienen lugar de dentro hácia fuera y viceversa, siguiendo los mismos principios admitidos para los líquidos. Sin embargo, no todos los gases absorben con igual intensidad el calor radiante de los cuerpos sólidos con quienes se ponen en contacto, porque se notan para algunos grandes diferencias, que se deben á la rapidez de su movimiento ascensional y á su densidad: así se vé que el hidrógeno enfria los cuerpos con prontitud, y el ácido carbónico y otros gases mas densos tardan mucho tiempo.

290. En la facultad conductriz de los cuerpos existen dos *coeficientes*; uno de la *conductibilidad interior*, y otro de la *conductibilidad exterior*. El primero es la cantidad de fluido que atraviesa en una unidad de tiempo la unidad de superficie de una de las secciones de un muro sólido que tiene de espesor la unidad de la longitud, siendo las

dos caras paralelas y ambas con igual temperatura: el segundo es la cantidad de calor que en cada unidad de tiempo pierde la unidad de superficie de una de las secciones del muro. El coeficiente de la conductibilidad depende á la vez de la superficie del cuerpo que radia y del medio que le rodea, por cuya razon no debe confundirse con el poder emisor, que es una consecuencia del estado de la superficie del cuerpo.

291. El conocimiento de la facultad conductriz es de la mayor importancia, así en las ciencias y en las artes como para nuestra propia conservacion. Por esta razon nos vestimos de lana durante el invierno, y abrigamos el pecho con una piel ó con una camiseta de seda; los habitantes del norte se cubren de pieles y construyen estufas para calentar sus habitaciones. Las frutas, la nieve y en general los alimentos que han de conservarse, se cubren con paja para evitar la accion del aire, y la lana, las pieles y la paja son malos conductores del calórico. Por el contrario en el verano nos vestimos con ropas de lino, prefiriendo las blancas á los demás colores; de suerte que el conocimiento de la facultad conductriz es de la mayor importancia para el físico.

LECCION L.

Capacidad de los cuerpos para el calor.--Medios de medirla.--Consideraciones á que da lugar.

292. En física está admitido que para obtener en un mismo cuerpo un efecto constante, se necesita una cantidad igual de calor. Si una libra de cobre á $+10^{\circ}$ de temperatura, adquiere un aumento para que señale $+11^{\circ}$, esta cantidad de calor será la misma ora provenga del sol, la reciba por radiacion ó la adquiera de otro foco. Este principio puede sufrir alguna variacion, cuando las masas no están bajo

iguales condiciones; por esto se nota que el hielo y la nieve toman para licuarse diferentes cantidades de calor; el agua á 0° y á $+15^{\circ}$, necesitan distintas porciones de fluido para llegar á hervir: un metal labrado, pasado por la hilerera, por el laminador, ó solo fundido, puede admitir para presentar un mismo cambio de temperatura, diversas cantidades de calor. Mas operando con dos cantidades de materia de igual naturaleza química y del mismo peso cuyas temperaturas sean diferentes, el calor se distribuye de modo que la mezcla marca una temperatura media. Por esta razon, si mezclamos dos libras de agua destilada una á 0° pero líquida, y otra á $+24^{\circ}$, se obtiene en la mezcla una temperatura de $+12^{\circ}$; pero si se agita una libra de mercurio á $+100^{\circ}$ con otra de agua á $+14^{\circ}$, se consigue una mezcla que señala $+17^{\circ}$; de suerte que el mercurio ha perdido 83° de calor sensible, para que el agua gane tres.

293. Los cuerpos necesitan distintas cantidades de calor para variar la temperatura de un mismo número de grados: esta propiedad constituye el *calórico específico*, el *calor específico* ó la *capacidad para con el calor*. El calor específico de un cuerpo es la *cantidad de calor necesario para elevar de un grado la temperatura de la unidad de peso*. Las capacidades caloríficas se comparan al agua que se toma por unidad: se llama *unidad de calor*, la cantidad de este fluido indispensable para elevar de un grado la temperatura de un quilógramo de agua. Un cuerpo tiene mas ó menos capacidad calorífica, segun necesita mas ó menos calor para variar de un grado la temperatura de la unidad de peso: la capacidad para con el calor está en razon inversa de la temperatura. De modo que si á dos porciones de materia de naturaleza diferente, pero iguales en masa ó en volúmen, se les acumula una cantidad de calor representada por 20° , sus temperaturas serán distintas; y aquella que con el termómetro indique que tiene menos calor libre, es porque gozará de mayor capacidad calorífica; de

suerte, que el calor latente está en razón directa de la capacidad.

294. Para determinar la capacidad de los cuerpos para con el calor, se siguen tres procedimientos distintos. 1.° *El de las mezclas*: en este método hay un cuerpo caliente que se enfria y otro frio que se calienta. Hemos indicado anteriormente que la mezcla de una libra de mercurio á $+100^{\circ}$ con otra de agua á $+14^{\circ}$, el agua ganaba 3° y el mercurio perdía 83 : de modo que la capacidad del agua para admitir el calor es mayor que la del mercurio, porque un aumento de 3° produce en el mercurio una temperatura de 97° .

Suponiendo que x y x' son dos cantidades de materia de igual naturaleza, y t y t' sus temperaturas, su relación será $(x + x')M = xt + x't'$; siendo M la temperatura de la mezcla: pero como los cuerpos sean de distinta naturaleza se obtienen otros resultados, y esta fórmula no puede aplicarse. El método de las mezclas parece muy sencillo, pero en la práctica se complica por las correcciones que son indispensables para obtener un resultado exacto.

295. 2.° *Los calorímetros*. El calorímetro de Lavoisier y Laplace, fig. 114, representa una esfera de hielo que por medio de un segmento móvil se puede introducir en el centro un cuerpo de conocida temperatura. Para evitar la acción del aire se llena de hielo el espacio e , y el agua que resulta de su licuación pasa por el tubo f y se tira, recogiendo solamente la que se obtiene del contacto del cuerpo que está en el espacio m con el hielo colocado en x . Esta agua determina la capacidad del cuerpo conociendo su temperatura en el momento en que se introdujo. Las cantidades de calor abandonadas por dos cuerpos que se han espuesto á la acción de un mismo foco, son entre sí como las cantidades de hielo fundido, y como estas aumentan con el calor libre, resulta que la capacidad, que está en razón inversa de la temperatura, es menor en el cuer-

po que ha derretido mayor porcion de hielo. La capacidad aumenta con la temperatura á que se espuso la sustancia que se examina: entre 0° y 100 las capacidades son sensiblemente iguales; pero se notan grandes variaciones cuando se pasa de este término. Conocidas las cantidades de hielo fundidas por cada unidad de peso durante su enfriamiento de un grado, basta dividir estas cantidades por la del agua y se obtienen las capacidades calorificas: segun Lavoisier y Laplace, 1 quilógramo de agua á 75° necesita para enfriarse á 0° fundir 1 quilógramo de hielo: luego la cantidad de hielo que se derrite por el enfriamiento de un grado, es igual á $1:75 = 0,013333$; de donde resulta, que dividiendo por 0,013333 las cantidades obtenidas para cada cuerpo, se consiguen sus capacidades calorificas. En estos experimentos se presentan algunos accidentes que inducen á error; como la temperatura exterior al comenzar una operacion, etc.

296. 3.° *El enfriamiento.* Mayer fué el primero que usó de este método, que han perfeccionado los Sres. Dulong y Petit, y despues Regnault. Para ello deben conocerse por comparacion los tiempos que los cuerpos de naturaleza diferente tardan para descender en el vacio de un número dado de grados; aqui se supone que los volúmenes son iguales, conocidas las temperaturas primitivas y las de los cuerpos que los circundan, é iguales las superficies radiantes. Estos fisicos determinaron por este método el calor especifico de varios cuerpos simples, que multiplicado por el peso de los átomos, dió un producto sensiblemente igual para todos ellos: de aqui se dedujo que, *todos los átomos de los cuerpos simples tenian la misma capacidad para con el calor.* Pero conocidos con mas exactitud los pesos de los átomos de los cuerpos simples, se ha visto que su calor especifico no es una cantidad constante, porque varía entre 38 y 42. Los Sres. Newmann y Avogrado estudiando las capacidades calorificas

de varios compuestos, han deducido los siguientes principios: 1.º Los cuerpos compuestos que tienen un elemento electro-negativo comun, y cuya constitucion química es semejante, sus calores específicos estan en razon inversa del peso de sus átomos: 2.º Los compuestos de igual fórmula atómica y de composicion química idéntica, tienen los calores específicos en razon inversa del peso de los átomos.

297. El calor específico de los gases puede apreciarse de dos modos diferentes: 1.º por una presion constante, suponiendo que el gas puede dilatarse por el calor; y 2.º por un volúmen constante, aumentando la fuerza elástica á medida que la temperatura es mayor. Las capacidades de los gases simples bajo una presion constante y en iguales volúmenes, son siempre las mismas (Berard y de la Roche). Marcet y de la Rive buscan los calores específicos de los gases bajo un volúmen constante, midiendo el tiempo de su enfriamiento, ó el aumento de calor de otro volúmen igual del gas encerrado en la misma cubierta, y bajo idénticas condiciones. Dulong determina la relacion de las capacidades calorificas de los gases por un método basado en la teoría del sonido. La velocidad del sonido en el aire es igual á la velocidad teórica multiplicada por la raiz cuadrada de la relacion de la capacidad del aire á presion constante, á la capacidad á volúmen constante: de este modo se ha hallado que la relacion de las capacidades era para el aire 1,421, para el oxígeno 1,415, para el hidrógeno 1,407, etc. Toda vez que se conozcan las capacidades á presion constante, se obtienen las que corresponden á un volúmen constante, determinando la relacion de las dos capacidades por el método de Dulong ó por el de los Sres. Clement y Desormés.

Segun Gay-Lussac, la relacion de la capacidad de los gases á presion constante y á volúmen constante, no se altera con la presion ni la temperatura; pero Berard y de

la Roche aseguran que la presión aumenta la capacidad calorífica, y este aumento es mucho menor que el que corresponde á las densidades. Finalmente, estos físicos han buscado la capacidad calorífica del vapor de agua operando sobre una mezcla de aire atmosférico y vapor, de modo que el aire no se halle saturado antes de pasar por el calorímetro ni después que sale de él; el resultado proviene del enfriamiento del vapor y del aire, de modo que conociendo la tensión del vapor se puede deducir su capacidad calorífica. Por este medio la capacidad calorífica del vapor es cerca del doble de la del aire, ó 1,960: Dulong la aprecia á presión y volumen constante en 1,5.

Rumford inventó un calorímetro para medir las cantidades de calor abandonadas por las sustancias gaseosas que resultan de la combustión, y capaz de compararlas entre sí. Este aparato solo conduce á resultados aproximados que merecen poca confianza.

LECCION LI.

Cambio de estado de los cuerpos.--Tránsito de sólido á líquido y vice-versa.
Calor latente.--Medios de apreciarlo.

298. Todos los cuerpos pueden presentarse sólidos, líquidos ó gaseosos por la influencia del calor: el agua según las estaciones afecta estos tres estados, y desde luego nos convencemos que la formación de la nieve, su licuación y vaporación es un efecto debido al fluido calórico. De manera que el estado de los cuerpos es relativo, solo depende de la temperatura á que se han espuesto: principio que hemos admitido desde las primeras lecciones de este compendio. El tránsito de un cuerpo del estado sólido al de líquido puede verificarse por dos causas diferentes; 1.º por la influencia de un foco de calor constante; 2.º

por una reaccion molecular, que conocemos con el nombre de *accion quimica*.

En el primer caso la temperatura es distinta para cada cuerpo; así se nota, que unos *funden* ó se licuan apenas se esponen á la influencia del calor, otros necesitan un *foco* bastante intenso, y los hay que son sensiblemente infundibles. Cuando una sustancia pasa del estado sólido al de líquido, conserva el primero hasta que su temperatura á llegado á un punto fijo, que siempre es el mismo cualquiera que sea el medio empleado para producir el calor; empieza á derretirse ó liquidarse y entonces se mantiene á la misma temperatura, aun cuando se acumule un exeso de fluido. Dos cosas se notan en este fenómeno: la accion del foco continua sobre el cuerpo mientras no se le separe de su inmediata esfera de actividad, y apenas el cuerpo á perdido su estado de solidez permanece á una temperatura constante, ocultando cierta cantidad de calor, que los fisicos llaman *calor ó calórico latente*. En el segundo caso ó cuando la licuacion es debida á una accion quimica, se observa una absorcion de calor mas ó menos grande, que se conoce con el nombre de *frio*. La materia sólida necesita para cambiar de estado hacer latente cierta cantidad de calor, que roba á los cuerpos que la rodean, de donde resulta la disminucion de temperatura; tal sucede cuando se disuelve una sal cristalizada en el agua.

299. Para que un cuerpo sólido se liquide, hay que satisfacer á dos condiciones; 1.^a la temperatura constante para su fundicion; y 2.^a la absorcion de una parte del calor, que se combina con el cuerpo y mantiene las moléculas á sus distancias correspondientes para que la licuacion tenga lugar. De suerte, que si la naturaleza ó el arte presentan cuerpos *infundibles*, *fijos* ó *refractarios*, es porque no se han encontrado medios bastante poderosos para desenvolver una temperatura capaz de satisfacer aquellas dos condiciones. Existen cuerpos que se descomponen an-

tes de liquidarse: en este caso se esponen á la vez á una presion mas ó menos grande: Hall por este medio á fabricado el mármol artificial.

300. Si un liquido se espone á temperaturas que vayan disminuyendo poco á poco, se consigue solidificarle. El punto de congelacion varia para cada cuerpo; el agua se solidifica á 0° , el mercurio á 40° . Este punto no es tan exacto como el de licuacion, porque el agua sólida se liquida á 0° en cualquiera latitud y altura, al paso que se obtiene agua líquida á -4° ; por esta razon se dá la preferencia para marcar el *cero* del termómetro á la licuacion del hielo. Los líquidos cuando adquieren el estado sólido, abandonan el calor que antes hicieron latente. Parece que algunos líquidos no pueden solidificarse: esta circunstancia no destruye el principio general, porque á medida que la química ofrece nuevos medios para robar el calor, disminuye el número de los gases y líquidos llamados permanentes. El ácido carbónico se ha solidificado, y con una mezcla de este ácido sólido y éter, se ha conseguido en el vacío una temperatura de -95° cent. y por lo tanto se ha solidificado el alcohol. Los cambios de forma y estado producidos por el calor, presentan efectos sorprendentes: el agua al solidificarse aumenta de volumen de 0,07 del que tenia á $+4^{\circ}$, y en esta dilatacion tiene una potencia capaz de romper los vasos mas resistentes; el hierro por la dilatacion vence las mayores resistencias, etc.

301. Los cuerpos al cambiar de estado hacen insensible cierta cantidad de calor propio de su nuevo arreglo molecular: este calórico se llama *latente ó combinado*. Para dar á conocer el calor latente debe tenerse en cuenta, que cuando se calienta un cuerpo el fluido se divide en dos partes; una que se combina con la sustancia propia del cuerpo y se hace insensible, y otra que sirve para equilibrarse con la temperatura exterior. La primera es el calor

latente ó combinado, y la segunda se llama *calórico inter-puesto*. Para probar el calórico latente, tómese una libra de hielo machacado y mézclese con otra de agua á $+79^{\circ}$ cent.; el hielo se liquida y el todo señala 0° . Aquí se observan dos cosas; 1.^a que el hielo pierde el estado de solidez, y señala la misma temperatura que cuando sólido, es decir, 0° ; y 2.^o que el agua caliente ha perdido tambien su temperatura para adquirir la del hielo. De modo que el calor que elevó el agua líquida á 79° , se ha invertido para liquidar el agua sólida, y la mezcla ha conservado la temperatura del hielo. Se llama *calor latente en fusion*, el calor que presenta un foco para efectuar un cambio de estado.

502. El calor latente que hacen los cuerpos para adquirir la forma líquida por una acción molecular, proporciona las mezclas llamadas *frigoríficas*. Para obtener frios artificiales se emplean tres medios; por dos cuerpos sólidos que se liquidan disolviéndose el uno en el otro, disolviendo una sal en un líquido, ó por la evaporación de varios líquidos. Las mezclas mas usadas son;

Mezclas.	Temperatura.
Nieve ó hielo machacado.... 1	de 0° á $+17^{\circ}$.
Sal marina..... 1	
Fosfato de sosa pulverizado. 9	de $+10^{\circ}$ á -24° .
Acido nítrico á 40° 4	
Nieve ó hielo machacado.... 1	de -6 á -54° .
Acido sulfúrico á 66° 1	

El éter, el sulfido de carbono, el ácido sulfuroso, el ácido carbónico sólido mezclado con el éter, etc. son cuerpos que con frecuencia se emplean para obtener una disminución de temperatura de muchos grados bajo cero.

LECCION LII.

Tránsito de líquido á vapor y regreso de este al estado líquido. -- Calor latente del vapor de agua.

303. Cuando los líquidos se gaseifican, se observan los mismos fenómenos que hemos descrito para que los sólidos se liquiden: una parte del calor se hace latente, la temperatura del líquido no varía mientras se forma el fluido elástico, y es distinta para cada cuerpo. Los líquidos puestos en vasos abiertos, adquieren el estado de vapor á todas temperaturas, por la fuerza de tension de que estan dotados; sin embargo, los aceites grasos carecen de esta propiedad. Existe, físicamente hablando, una diferencia notable entre vapores y gases: los primeros conservan su elasticidad mientras el calor mantiene las moléculas dilatadas, y hace insensible la fuerza de cohesion; y los segundos permanecen en el estado gaseiforme á 0°, con tal que no aumente la presion.

304. Cuando un espacio está saturado por un vapor, la menor variacion que tienda á disminuir la temperatura ó á aumentar la presion, es suficiente para hacer liquidar una parte del vapor; pero estas alteraciones no darán resultado alguno si el espacio no está saturado. Segun esto, los vapores pueden adquirir el estado de liquidez por dos causas; 1.ª por un enfriamiento graduado, y 2.ª por un aumento de presion.

305. Para que un líquido adquiriera la forma elástica, debe hacer latente una gran cantidad de calor, el que deja libre cuando pasa de nuevo al estado de liquidez. Si el vapor se condensa sobre un cuerpo espuesto al aire libre donde no tenga accion química, la temperatura máxima no pasará de 100°, porque el agua se reduce á vapor á esta temperatura bajo la presion de 0,76; pero si la condensa-

cion se verifica sobre un cuerpo soluble, la disolucion se calienta y su temperatura no puede esceder de la que corresponde al punto del hervor de dicha disolucion. Para tener una idea del calor latente de los vapores, nótese, que una libra de agua reducida á vapor señala 100° , y puede calentar á la misma temperatura *cinco y media* libras de agua natural; de suerte que para averiguar el calor latente de los vapores, hay que apreciar el calor que desprenden cuando vuelven á adquirir el estado líquido. Segun Rumford, para vaporizar un quilógramo de agua se necesitan 557 unidades de calor; Watt lo aprecia en 522; Southern en 550 y Lavoisier y Laplace en 555. Clement y Désormes aseguran, que la cantidad de calor necesario para calentar y vaporizar un quilógramo de agua á una temperatura cualquiera partiendo de *cero* grados, es igual á 650 unidades.

El calórico para la vaporizacion disminuye á medida que la temperatura aumenta: de modo que á 100° es de 550, y á 650 del todo nulo: Southern asegura, que siendo el calor de vaporizacion una *cantidad constante*, el calórico contenido en un vapor crece con la temperatura. M. Regnault cree, que todos estos datos son inexactos, por que á 15 atmósferas de presion el calor latente del vapor es de 678° , siendo asi que debia dar 730° , pues que su temperatura es de 200° . Cuando un vapor se licua en virtud de una presion, si su saturacion no se halla á su máximo, la condensacion no se presenta, porque ante todo debe satisfacerse á la saturacion: pero apenas se indica el cambio de estado, cuando se nota un aumento de calor, que tiende á contrarestar los efectos de la fuerza comprimiente; de modo que esta ha de obrar con lentitud, para que el calor se pierda entre los cuerpos que circunden el vaso.

306. El calor que los cuerpos hacen latente cuando adquieren el estado gaseiforme, explica los fenómenos de la

vaporizacion. Cuando un liquido se vaporiza, la temperatura disminuye, y absorbe calórico de la masa y de los cuerpos que la circunden; su enfriamiento seria indefinido si el aire y demas sustancias no comunicaran por radiacion el calor necesario para que la temperatura quede estacionada. Los liquidos muy volátiles, como el ácido sulfuroso, el éter, el sulfido de carbono, etc., durante la vaporizacion disminuyen la temperatura en virtud del calor que absorben para gaseificarse: este medio de enfriamiento es mas activo cuando se practica en el vacío; de este modo se solidifica el mercurio, y puede conseguirse hasta -57° . Leslie ha congelado el agua por la vaporizacion espontánea, y en el Egipto y en España, sobre todo en Andalucía, se obtiene agua fresca por medio de vasijas de barro poroso llamadas *alcarrazas*, *jarras de Andujar* ó de *Guadix*, donde el agua que se infiltra se reduce á vapor, robando una porcion de calor al vaso que la contiene y al liquido restante: este enfriamiento es mas intenso si se renuevan las capas exteriores ó se espone á una corriente de aire.

LECCION LIII.

Ebullicion.--Vaporizacion.--Evaporizacion.--Estado globular.

307. Se llama *ebullicion* al movimiento que adquiere un liquido espuesto á la accion del calor para formar los vapores. Estos vapores toman nacimiento al principio en la superficie, y cuando aumenta la temperatura se hace mayor la fuerza elástica del vapor hasta que llega á ser igual á la presion atmosférica, en cuyo caso toman origen en toda la masa, para elevarse en burbujas á la superficie del liquido: entonces decimos que éste ha llegado á su *punto de ebullicion*. Este fenómeno presenta al parecer, un movimiento confuso y sin leyes que lo dirijan; pero exa-

minadas las causas que lo ocasionan, se ve que las capas dilatadas por el calor ascienden en derredor de las paredes, y desciende por el eje las que estan frias. Las burbujas adquieren mayor diámetro á medida que se elevan, porque disminuye el peso de la columna líquida; de modo que una burbuja no puede elevarse sin que el vapor que la forma tenga cuando menos una tension igual á la presion de la masa líquida que la rodea. De ahí resulta, que un líquido para llegar al grado de hervor, ha de satisfacer á dos condiciones; 1.^a que su temperatura ha de comunicar al vapor la fuerza elástica suficiente para vencer las presiones de la masa que lo rodea; 2.^a que debe haber el calórico indispensable para que el líquido adquiera la forma gaseosa. La cohesion del líquido, la presion atmosférica, la adherencia con las paredes del vaso y la naturaleza de la materia que lo forma son otras tantas causas, que modifican la ebullicion de un líquido: en general se puede asegurar que un líquido no llega á hervir, sino cuando la elasticidad de un vapor es igual á la presion de la atmósfera.

308. Cuando la presion atmosférica disminuye el hervor de los líquidos tiene lugar á una temperatura mas baja, al paso que es mayor si aquella aumenta: el agua en el picacho de Veleta (Sierra Nevada), cuya altura es de unos 12 mil pies sobre el nivel del mar, hierve á 87° cent.; pero las variaciones barométricas que tienen lugar en un local, no influyen en los puntos de ebullicion de los líquidos. El éter y el alcohol colocados en el recipiente de la máquina neumática, tienden á reducirse á vapor á medida que la presion disminuye en cada golpe de piston, y la ebullicion se presenta tan luego como la tension del vapor contraresta el peso que gravita sobre él. Este fenómeno se presenta á la temperatura ordinaria tomando un matraz con cierta cantidad de agua, fig. 115, haciéndola hervir, y cuando el vapor ha desalojado el aire,

se tapa herméticamente con un corcho preparado de antemano; la ebullicion se suspende, pero vertiendo agua fria se condensan los vapores, falta la presion y el liquido se pone á hervir. En este experimento fundó Watt su condensador.

Cuando se aumenta la presion se retarda el punto de ebullicion, y la temperatura á que hierven es tanto mayor cuanto mayor es la fuerza comprimente. La fuerza elástica de los vapores que toman nacimiento en vasos cerrados, crece notablemente con la temperatura, por cuya razon deben ser muy resistentes para evitar la esplosion, en el caso de que la fuerza expansiva del vapor fuese mayor que la resistencia de las paredes: para retardar la ebullicion de los liquidos hay varios aparatos, y los principales son la *marmita de Papin* y el *autoclave*. El primero llamado *olla de alta presion*, fig. 116, es una vasija de bronce de paredes muy gruesas con su tapadera, que está sujeta con un tornillo de hierro; ademas tiene una válvula para arreglar la presion segun se desea. Con este aparato, el liquido adquiere una temperatura creciente, sin que llegue á hervir, y el vapor que tiende á formarse adquiere cada vez mayor tension para obrar sobre las paredes del vaso, las que se romperian si la resistencia que oponen á la expansion no fuese mayor. Esta atmósfera de vapor es la que impide la ebullicion; pero cuando la válvula cede á la fuerza expansiva, sale el vapor con un silvido y se eleva en forma de columna: la temperatura baja hasta los 100° , y el fenómeno se reduce á la ebullicion comun. Sin embargo, si bien la atmósfera artificial retarda el grado de la ebullicion, llega una época en que toda la masa se transforma en vapores: la temperatura en que esto se verifica, parece que es igual al producto de multiplicar la densidad del liquido por la relacion del volumen del liquido al volumen del vaso. Segun esto, el éter se vaporiza en vasos cerrados á 150° en un espacio menor que el doble de su volumen,

y dá la presión de 70 atmósferas; el sulfido de carbono á 210° produce 37 atmósferas de presión, etc. La adherencia del líquido con las paredes y el fondo del vaso, y la naturaleza de éste, retardan el punto de ebullición; así es que las vasijas de vidrio y porcelana necesitan de una temperatura mayor que las metálicas, notándose que el agua en las primeras produce *sobresaltos*, porque la temperatura es intermitente subiendo y bajando de los 100°.

309. En los fenómenos que acabamos de esponer, los vapores se presentan por la influencia de un foco de calor, que da el calórico latente necesario para el estado gaseiforme: esta manera de formarse los vapores se llama *vaporización*, y toman nacimiento en toda la masa líquida. En la vaporización se funda la *destilación*. Pero si estos tienen lugar á la temperatura ordinaria, ó disminuyendo la presión, entonces el fenómeno se llama *evaporación*, en cuyo caso se forman en la superficie del líquido, robando el calor que hacen latente á los cuerpos que rodean el vaso y aun al mismo líquido. Toda evaporación indica una disminución de temperatura, que es tanto mayor cuanto mas rápida es la formación del gas; así es que en el vacío el agua se evapora en parte con la mayor prontitud solidificando la restante; para que este experimento tenga lugar, el líquido ha de presentar mucha superficie y debe ponerse dentro del recipiente una vasija con ácido sulfúrico á 66° B. para que absorba los vapores.

310. Los líquidos que se hacen hervir en vasos metálicos presentan fenómenos de la mayor importancia. En 1756 observó Leidenfrost que el agua vertida gota á gota en un crisol de plata, hierro ó platino calentado á la temperatura rojo blanca, se evaporaba con lentitud y adquiría un movimiento de rotación: Dobereiner indicó que el alcohol, el éter y los aceites esenciales presentaban el mismo fenómeno, y Laurent ha dicho que varias disoluciones salinas en agua adquieren un estado vibratorio, y su

evaporacion es casi insensible. Algunos manifestaron que un hierro candente sumergido en agua fria no se apagaba, que este liquido corria en forma globular cuando se vertia sobre una chapa de hierro enrojecida, y últimamente los sastres y demas oficios que usan la plancha, vierten para conocer su temperatura una poca de agua, la que recorre á lo largo en glóbulos sin evaporarse en su tránsito. Todos estos fenómenos inducen á creer, que los liquidos y en general todos los cuerpos, espuestos á temperaturas, suficientemente elevadas adquieren un nuevo estado, que M. Boutigny designa con el nombre de *estado esferoidal ó globular*. Las observaciones de este fisico le han conducido á las consecuencias que siguen:

1.^a Todos los cuerpos pueden adquirir el estado globular: la temperatura del vaso debe ser mayor á medida que es tambien mayor el punto de ebullicion del liquido. Este grado para el agua, el alcohol absoluto y el éter está desde 134° á 171°.

2.^a La temperatura de los cuerpos al estado esferoidal es invariable, sea cual fuere la del vaso, y siempre inferior á su punto de ebullicion.

3.^a La cantidad de liquido evaporado aumenta con la temperatura del vaso; pero la temperatura de los vapores es igual á la de estos vasos.

4.^a Reducido el cuerpo al estado globular no existe, contacto alguno entre los glóbulos y la superficie metálica: esto se prueba vertiendo ácido nítrico sobre una plancha de cobre enrojecida.

5.^a Estos fenómenos tienen lugar sobre grandes cantidades de liquido; en este caso la evaporacion es muy lenta, y apenas la temperatura disminuye el vapor se forma en grande abundancia. M. Boutigny cree, que la mayor parte de las esplosiones de las calderas de vapor, se deben á este fenómeno.

El agua al estado globular marca de 96 á 98°, y refleja

con intensidad el calor radiante; pero uno de los fenómenos mas sorprendentes que nos ofrece este nuevo estado, es la formacion del *hielo* bajo la temperatura de 111° por el intermedio del ácido sulfuroso.

LECCION LIV.

Tensiones de los vapores.--Medida de sus fuerzas elásticas.

311. Se dice que un espacio está *saturado de vapor*, cuando tiene toda la cantidad de que es susceptible á una temperatura dada; en este caso tiene el máximo de la densidad, y el vapor se halla á *saturacion* ó al *máximo de tension*. Los líquidos colocados en iguales espacios dan cantidades de vapor diferentes, aun cuando tengan la misma temperatura, y á medida que aumenta la capacidad del punto que recibe el vapor, se hace mayor la cantidad de este, aumentando tambien con la intensidad del calor: de suerte que si á la vez crecen el espacio y el calor, se obtendrá la mayor cantidad de vapor posible, llegando al punto de saturacion en poco tiempo.

312. Dalton, para medir la fuerza elástica de los vapores usa de dos barómetros, uno comun y otro de vapor, que rodea de un cilindro que descansa sobre una cubeta: con este aparato se mide la tension entre 0° y 100° . Los vapores en el vacío, segun este fisico, tienen las siguientes propiedades: 1.^o Un líquido en contacto de un espacio vacío emite instantáneamente todo el vapor que puede desprender á la temperatura en que se verifica el experimento: 2.^o la fuerza de tension de este vapor es independiente del espacio que lo contiene: 3.^o el vapor no aumenta de densidad ni de fuerza elástica por la presion, si ha sido formado con un esceso de líquido: 4.^o cuando falta líquido para que el vapor sature todo el espacio, entonces se dilata como si fuese un gas permanente.

313. Para medir la fuerza elástica de los vapores á la temperatura ordinaria, se emplea el *barómetro de vapor*, fig. 137. Consta de una cubeta de mercurio A sostenida sobre un montante de alambre de hierro B, y de un tubo barométrico C, que se llena de mercurio; antes de invertirlo para introducir el extremo abierto en la cubeta, se acaba de llenar con el liquido de cuyo vapor se desea medir la tension. En el vacío barométrico se forma el vapor necesario para la saturacion, dejando un exceso de liquido que sobrenada en la parte superior de la columna de mercurio. La fuerza elastica de los vapores que se hallan en la cámara barométrica se mide comparandola altura de este barómetro con la de otro ordinario, y la diferencia es la tension pedida: con este aparato se puede variar la temperatura y las dimensiones de la cámara. Si se aumenta el calor, el mercurio descende, porque los vapores formados adquieren mayor fuerza de tension; pero si la temperatura no varía, y si la capacidad de la cámara se nota que cuando esta disminuye, se condensan una parte de los vapores, y si aumenta, toman origen mayor cantidad: en ambos casos la fuerza elástica es siempre la misma, pues la columna de mercurio no ha variado. Para medir las tensiones por debajo del cero, hay que encorvar la cámara para poderla introducir en una mezcla frigorífica. La fuerza elástica de los vapores crece mas rápidamente que la de los gases permanentes. Segun Gay-Lussac la tension del vapor del hielo es igual á la del agua á la misma temperatura, y á 100° ó bajo el punto de ebullicion es igual á la presion atmosférica. Haciendo hervir en el barómetro diversos liquidos, el mercurio descende hasta el nivel del baño, de modo que su fuerza de tension al grado del hervor es igual á la presion atmosférica, que gravita sobre ellos. Para averiguar la fuerza elástica de los vapores ó temperaturas superiores á 100° , se tocan grandes dificultades. Los Sres. Dulong y Arago, Regnault y

otros se han ocupado de esta cuestion, empleando aparatos apropiados, entre los que figuran el mamómetro y el tubo de Mariotte.

314. Segun Dalton, las fuerzas elásticas de los vapores de diferentes líquidos son iguales, si se examinan á temperaturas que distan de igual cantidad de los respectivos puntos de ebullicion. Este principio indica, que siendo el grado de la ebullicion del agua á 100° y el del alcohol á 78° , la fuerza elástica de sus vapores es igual á la presion atmosférica, y que así mismo es igual en ambos líquidos, cuando el agua marca 72° y el alcohol 78° . Mas este principio no es exacto cuando se aplica á grados no muy distantes de la ebullicion: M. Avogrado estudiando por un método particular las tensiones del vapor de mercurio á temperaturas distintas, ha establecido una fórmula con la que ha hallado estás fuerzas elásticas.

315. M. Dalton demostró, que cuando los vapores se mezclan con los gases, la fuerza elástica de la mezcla es igual á la suma de las elasticidades de los componentes, refiriéndose cada uno á su volúmen total. Gay-Lussac ha hecho ver, que la fuerza elástica de un vapor capaz de saturar un espacio dado bajo una temperatura fija es igual, ya porque este espacio esté vacío, ya porque esté ocupado por uno ó mas gases. De las esperiencias de estos físicos se deduce, que todo espacio puesto en contacto con un líquido, se satura de vapor, aun cuando esté ocupado por el aire ú otro cuerpo gaseoso, ó bien porque se halle vacío. Sin embargo, en este caso la formacion del vapor es instantánea.

La densidad de los vapores debe buscarse á distintas presiones: se llama *densidad absoluta* del vapor formado por un líquido dado, á la cantidad constante que señala la relacion en peso de dos volúmenes iguales de vapor y de aire á igual temperatura y presion; y se dice *densidad de un vapor á cierta temperatura y presion*, al número de

veces que el peso de un volúmen dado de vapor á la temperatura y presion elegida, contiene el peso de un mismo volúmen de aire á 0° y bajo la presion de 0,76; ó bien al peso de un igual volúmen de agua á +4°, 108.

Ahora bien, representando por d la densidad absoluta del vapor de un liquido, se obtendrá la densidad de este vapor á la temperatura t y á la presion p , por medio de la fórmula $d' = d \frac{p}{0,76} \cdot \frac{1}{1+at}$; siendo d' la densidad de dicho vapor á la nueva temperatura y presion. Para hallar las densidades absolutas se sigue uno de los procedimientos inventados por los Sres. Gay-Lussac y Dumas.

LECCION LV.

Fenómenos meteorológicos dependientes del calor.--Rocio.--Escarcha.--Nubes.--Lluvia.--Nieve.

316. El calórico ejerce en la tierra y su atmósfera tal influencia, que modifica su estado físico, arregla la temperatura y presenta fenómenos de la mayor importancia: la atmósfera nos ofrece continuas variaciones, que dan origen á las estaciones en que dividimos el año, habiendo climas donde el invierno es insensible, al paso que otros le tienen permanente: para conocer la temperatura media anual en las diversas latitudes, se usa el *termómetrografo* ó termómetro de máxima y mínima. Se llama *temperatura media anual*, á la suma de las temperaturas medias de los doce meses dividida por doce. Esta temperatura varía para cada lugar, y para un meridiano vá disminuyendo á medida que del ecuador se dirige á los polos: la elevacion sobre el nivel del mar bajo una misma vertical, tambien produce una disminucion perceptible de temperatura. Los resultados que se obtienen con estos dos medios se modi-

fican con las lluvias, los vientos, el cultivo, la distancia al mar, etc.

Se llaman *líneas isotérmicas* aquellas que pasan por los puntos de la superficie de la tierra, que tienen en la misma temperatura media: estas líneas presentan sinuosidades, y pasan por lugares cuya latitud no es igual á la del punto de partida: una zona comprendida entre dos líneas isotérmicas lleva el nombre de *zona isotérmica*. Además llamamos *líneas isotéricas* aquellas que pasan por puntos que tienen igual estio, y *líneas isoquiméricas* á las que corresponden á lugares que tienen el mismo invierno.

317. Los climas son *templados* y *estremos*: los primeros están situados en las latitudes medias. La superficie de la tierra se divide en zonas isotérmicas: el hemisferio boreal consta de seis, en las que el clima es *apacible* ó *dulce* desde 20 á 15° , y templado de 15 á 10° de temperatura media. Los climas estremos están en las regiones polares y ecuatoriales: bajo el ecuador, en la zona tórrida, la temperatura media es de unos $27,5$ y el clima es ardiente y abrasador: aproximándose á los trópicos, y sobre todo al de Cancer, en la línea isotérmica de $23,5$, el clima es caliente, y en algunos casos la temperatura sobrepuja á la de un lugar abrasador. En las latitudes de 60° á 70° y en la zona isotérmica de 5° á 0° , el clima es muy frio, y este llega á ser intensísimo en las regiones polares, donde la línea isotérmica estará probablemente entre 25° y 30° de bajo de cero.

318. La temperatura de la atmósfera disminuye con la elevacion. Gay-Lussac observó en su viaje aereostático que habiendo partido con un calor de $+30,8$ y á la presión de $0,76$, el termómetro marcaba $-9,5$ hallándose á 6979 metros de altura. El aire absorbe una parte de calor de los rayos solares, y su capacidad aumenta á medida que disminuye la presión: la mayor evaporacion que se nota en las altas montañas, contribuye tambien á este

fenómeno. En todos los climas existe un punto mas ó menos elevado donde las nieves son perpétuas: este *limite de las nieves perpétuas* es variable en cada sistema de montañas, y aumenta cuando nos aproximamos al ecuador. En la India se halla á 4800 metros, en los Pirineos á 2739, en los Alpes á 2670, en el extremo septentrional de la Noruega á 1050, y en nuestra Sierra Nevada á 2870 metros.

319. El globo en que vivimos tiende á enfriarse: los rayos solares cuando atraviesan el aire pierden una parte de calor, y la tierra radia el calor oscuro que la atmósfera intercepta: esta circunstancia tiende á sostener la temperatura exterior. En el interior de nuestro planeta existe un foco calorífico: es innegable que todos los puntos de la tierra tienen una temperatura constante, que varia con la latitud y altura sobre el nivel del mar. Este grado de calor se halla á cierta profundidad, que es diferente segun la posicion topográfica del lugar que se observa; notándose que para unas localidades es de 9°, y en otras llega á 12°. Se asegura que por cada 41^m,84 de profundidad, el termómetro sube de un grado, otros dicen que basta descender de 31^m,9 y se indican paises en los que 14 ó 15 metros son suficientes para dar el aumento de un grado. Si estas observaciones son exactas, basta profundizar 319 metros para obtener una temperatura de 100° (tomando el término medio) y á 25 ó 30 leguas debe existir un calor tan intenso, que puede fundir todas las sustancias minerales conocidas. Mas estos cálculos carecen de exactitud, porque el aumento de calor es mayor á medida que disminuye la distancia al foco. Para estas esperiencias se usa del termómetro de máxima y mínima de M. Walfrendin. Algunos esplican la temperatura de las aguas termales suponiendo que es proporcional á su mayor ó menor descenso en el interior de la corteza de nuestro planeta pero esta idea necesita de mayor copia de datos para admitirla como cierta.

De lo dicho se infiere, que en el interior de la tierra existe una temperatura muy elevada, que ha dado origen á grandes discusiones acerca del *calor central*, y en ello se ha fundado la teoría plutoniana, con la que se esplica la formacion de los terrenos igneos.

320. Cuando el aire se conmueve y agita por una causa cualquiera se llama *viento*. Los vientos suelen aumentar la intensidad por una graduacion sucesiva, y la temperatura es casi siempre igual á la del punto en que se formaron. Los vientos se dividen segun su direccion, velocidad, naturaleza é intensidad: se clasifican en *periódicos* y *accidentales*: los primeros se dividen en vientos comunes, aliseos, brisas, tempestades y huracanes. Su propagacion tiene lugar por impulsión y por aspiración, y para dar una idea de ello se comparan á un fuelle puesto en accion. Se dice que es por impulsión, cuando sigue la direccion del soplo, como el aire comprimido que sale del fuelle, y por aspiración siempre que su accion se verifica en sentido opuesto, como el viento que entra en el fuelle estando el aire enrarecido.

Las corrientes del aire son diurnas y periódicas cuando provienen de las desigualdades de la superficie de la tierra. El aire se calienta y se dilata; toma origen un movimiento de abajo arriba formado por capas de aire dilatado, y otro de arriba abajo de aire frio. Cuando el calor llega á su máximo ó á su mínimo, el aire se dirige hácia los lugares mas elevados en el primer caso, ó hácia las llanuras en el segundo. Estas corrientes se modifican por las brisas que se forman todos los dias segun la direccion de las grandes cordilleras: los continentes dan nacimiento al *monzon*, que se hace mas perceptible en los grandes golfos. Durante la primavera y el estio se dirige este viento desde el hemisfério sud al norte, y en sentido opuesto en el otoño é invierno, y su encuentro á grandes distancias de la costa con el monzon que toma nacimiento en

las costas del ecuador, da lugar á los vientos *aliseos*. De suerte que las brisas que se notan en las playas provienen de las brisas diurnas que se forman en el interior de los continentes, el monzon es el producto de las brisas diurnas y ánuas, y los vientos aliseos son el efecto del monzon.

La velocidad de los vientos es variable; unos recorren 1800 metros por hora, y su intensidad apenas es sensible, al paso que otros andan hasta 162000 metros: en los huracanes corren 30 leguas en una hora, que es su mayor movimiento.

321. La superficie de la tierra está cubierta casi en su totalidad por el agua (*), la que produce una atmósfera de vapor, que mezclada con el aire conserva el estado aeriforme en virtud del calor; pero apenas se nota un enfriamiento proporcionado, cuando las capas disminuyen de volúmen, luego se condensan y presentan los fenómenos llamados *meteoros acuosos*.

El rocío proviene de la irradiacion de los cuerpos colocados en la atmósfera á cielo descubierto: su punto de formacion varía con el estado higrométrico del aire. En una noche calma y serena, cuando el aire está seco, se

(*) La superficie del globo está cubierta hasta sus $\frac{3}{4}$ partes por las aguas, las que se hallan repartidas con desigualdad: la siguiente tabla da una idea de esta distribucion.

	Tierra.	Mar.
	—	—
En la zona glacial N, se cuenta sobre... 1000 millámetros cuadrados.....	400	600.
En la zona templada N.....	559	441.
En la zona tórrida N.....	197	803.
En la zona tórrida S.....	312	688.
En la zona templada S.....	73	925.
En la zona glacial S.....	0	1000.

De ello se deduce, que en el hemisfério austral se encuentra mayor cantidad de agua, la que guarda la relacion de 8 : 5,

forma entre $+10^{\circ}$ y $+5^{\circ}$; los cuerpos espuestos á la misma influencia teniendo distinta irradiacion no pueden cargarse de rocío. De ahí se infiere, que todas las sustancias que tengan menor poder emisivo y la temperatura sea mayor que los $+10^{\circ}$. estarán perfectamente secas, y al contrario se hallarán con rocío las que no satisfagan estas condiciones. La tierra tiene mayor poder emisivo que la atmósfera, el vapor de las capas del aire inmediato aumenta su densidad, la que llega á su máximo en virtud del enfriamiento, y el rocío se forma al instante. Para que se presente el rocío es necesario un cielo puro, porque las nubes interceptan los rayos caloríficos y se oponen á su formacion: un viento ligero aumenta la cantidad de rocío, sobre todo durante la estacion calurosa. En las madrugadas de primavera y otoño, el rocío se hiela: entonces se llama *escarcha*, y toma el nombre de la estacion.

322. Cuando el vapor que se precipita en la atmósfera se reúne en pequenísimos globulitos constituyen las *nubes*: este estado vesicular aumenta poco á poco, y así que se forman *gotas* caen á la superficie de la tierra. Saussure dice, que estas vesículas estan llenas de aire saturado de humedad, sosteniéndose como un globo aereostático. La velocidad y la elasticidad de cada vesícula, unida á la presión del aire en su interior, que se opone á la union de las moléculas de agua, son causas que demuestran cuan gratuita es esta hipótesis. Otros físicos consideran las nubes formadas de gotitas de agua sumamente pequeñas, que disminuyen de densidad por las capas de aire adheridas á cada partícula. M. Saigey cree, que la densidad de los globulitos que forman las nubes, es mayor que la del aire, sosteniéndose en él un instante por los movimientos que tienen, para caer en seguida; pero encontrando en su caída capas de aire que no estan saturadas, se disuelven, volviendo á la region de las nubes. Fresnel admite, que el aire que llena los intervalos que dejan

los globulitos de agua tiene mayor temperatura, por cuyo razon disminuye la densidad y el todo se sostiene en la atmósfera. Las nubes se forman tambien por un enfriamiento rápido: estas variaciones de temperatura provienen del cambio diurno de la acción solar, y de la disminución en la presión barométrica, y suele llamarse *niebla*.

323. Cuando los globulitos de agua que constituyen las nubes se reunen por cualquier circunstancia, forman gotitas que no pueden sostenerse en el aire, se precipitan hacia la tierra, y constituyen la *lluvia*. Para apreciar la cantidad que cae en una comarca, se usa del *udómetro* ó *pluvimetro*, fig. 118. Consiste en un vaso cilindrico A de unos 20 centim. de diametro sobre 30 de altura; por la parte superior está abierto, y cerrado por la inferior; pero tiene una caja cónica C con un orificio en la cúspide, la que se coloca cerca del borde superior. En la parte inferior hay un tubo metálico x, que concluye con otro de cristal z, que está cubierto y dividido en milímetros contados desde el fondo del vaso, y sirve para medir el agua de la caja: la caja C impide la evaporacion.

La lluvia suele ser mayor en las montañas que en las llanuras y aumenta de los polos al ecuador; hay países rodeados de montañas donde la lluvia es escasa, porque la elevacion de alguna de ellas, detiene las nubes que arrastran las corrientes de aire; otros por el contrario, estas masas sirven de pantalla, y las lluvias son bastante frecuentes.

El agua que cae de la atmósfera ora sea líquida ora sólida, se halla electrizada: la lluvia suele estar electrizada positivamente, y la nieve negativamente. En ciertos casos se han presentado lluvias de cenizas, y lluvias rojas que se han llamado de sangre; pero estos fenómenos mal conocidos, son poco frecuentes.

324. La *nieve* proviene del agua solidificada en las altas regiones atmosféricas. Consta de pequeños cristales

agrupados en forma de estrellas y otras figuras caprichosas: en las montañas elevadas se observa *nieve roja*, en la que se vé un hongo llamado *ureto nivalis* que le dá el color. El *agua nieve* proviene de la congelacion de cierta cantidad de lluvia, las *heladas* son una especie de escarcha que proviene del rocío congelado, y el *sereno* es una helada muy fina que cae sin que se vea nube alguna.

LECCION LVI.

Higrometría-Descripción y usos de los higrómetros mas usados.

ab325. La *higrometría* tiene por objeto medir la tension del vapor de agua que contiene el aire atmosférico. Si el aire estuviere saturado, bastaria multiplicar el volumen por la densidad sacada de la tension y temperatura; pero como jamas se encuentra en este estado, se necesitan ciertos instrumentos llamados *higrómetros* ó *higróscopos*, que partiendo de dos puntos fijos, sean comparables y pueden dar ó conocer el grado de humedad. Los higrómetros y cuantos métodos se han inventado para medir el grado de humedad del aire, están fundados: 1.º en apreciar el aumento de peso de las sustancias que tienen gran afinidad para con el agua; 2.º medir la disminucion de temperatura ó el frío que produce la evaporacion; 3.º observar la disminucion de temperatura que el aire ha de sufrir para llegar al término de saturacion; 4.º apreciar la contraccion ó la dilatacion que experimentan varias sustancias orgánicas en contacto de la humedad del aire.

ab326. Se conocen los higrómetros de *absorción* y *condensacion*. Los primeros se fundan en la propiedad que tienen ciertos cuerpos, como los cabellos, barbas de ballena, etc. de alargarse con la humedad: los mas usados son el de Saussure ó de *cabello*, y el de Deluc ó de *barba de ballena*. El de Saussure, fig. 119, es un marco de laton ABCD, donde se vé un cabello xz , sujeto al punto x por unas pin-

zas que suben ó bajan con el tornillo *t*: el extremo *z* está unido á la polea *p* que ha de ser muy movable, y en su eje lleva la flechilla *m n* para señalar las variaciones que provienen del movimiento del cabello sobre el arco *a r*. En fin un hilo de seda enrollado en la garganta y en sentido opuesto al movimiento, lleva un contrapeso para que el cabello esté atirantado: este debe prepararse hirviéndolo en una sustancia alcalina.

Estos higrómetros tienen dos límites; el *muy seco* y el *muy húmedo*: el primero se obtiene dejando el instrumento en un recipiente con clorido de calcio durante dos ó tres días, y lleva el grado *cero*; y para el segundo se pone en una campana humedecida de antemano, señalando el límite con el grado 100; el espacio comprendido entre estos dos puntos se divide en *cien* partes iguales llamadas grados. Este higrómetro indica en centésimas, la cantidad de vapor que contiene el aire, suponiendo que para la saturación son necesarias ciento; así cuando marca 70° manifiesta que el aire solo tiene las 0,70 del vapor que es indispensable para dicha saturación.

En los de condensación debe apreciarse el cambio de estado de los vapores acuosos que contiene un volumen de aire conocido: el higrómetro de Daniel se halla en este caso. Este aparato, fig. 120, consta de dos esferas de vidrio muy delgadas *a* y *b*, de unos tres centímetros de diámetro unidas por el tubo *c* de tres milímetros de diámetro interior. La rama *b c* tiene un termómetro con la esfera sumergida en el éter, de que está llena hasta las dos terceras partes, procurando que esté bien purgado de aire, y la esfera *a* se cubre con muselina muy fina: en el pié hay otro termómetro que acusa la temperatura exterior. Este aparato se funda en el enfriamiento debido á la evaporación del éter, de donde resulta la condensación de los vapores en un volumen dado de aire. Se conocen otros varios higrómetros como el de los académicos del Cimento, el de

Leslie, etc; daremos á conocer el de M. Regnault. Este físico ha hecho notar los errores á que conduce el higrómetro de Saussure; el que propone es de condensación, y á la vez sencillo, cómodo y exacto en los resultados. Consiste en un dado de plata muy delgado *a. t. c.* fig. 121, perfectamente pulimentado, de 45 milímetros de altura y 20 de diámetro, y bien ajustado al extremo del tubo *zz*; en la parte superior tiene una tubulura *t*, y por su tapadera pasa el termómetro *n* que tiene el receptáculo dentro del dado, y además un tubo de vidrio *r* de diámetro muy pequeño, el cual también sumerge en el dado: la tubulura *t* comunica por medio de un tubo de plomo con un aspirador de 3 ó 4 litros de capacidad, colocado cerca del observador, y bastante separado del aparato. Se vierte éter hasta *mn* y en seguida se abre la llave del aspirador; el éter atmosférico se carga de vapor, lo enfría y lo agita constantemente, de modo que el termómetro indica su temperatura; con un lente se observa la marcha del aparato, y variando la abertura de la llave para que el rocío aparezca ó desaparezca, se llega á determinar con alguna práctica el punto de rocío á $\frac{4}{20}$ de grado.

327. Los cuerpos que absorben una parte de vapor de agua de la atmósfera se llaman *higrométricos* ó *higróscopos*, y pueden emplearse para construir higrómetros: estos cuerpos llevan el nombre de *delicuescentes*.

La tensión máxima del vapor de un espacio que se halla en contacto con una disolución salina, está en razón inversa de su grado de concentración. Gay-Lussac apoyado en este principio, coloca el higrómetro en un recipiente que tiene una disolución salina ó un ácido concentrado, introduce luego en el vacío barométrico una pequeña cantidad de la misma disolución: la que dá á conocer la tensión de su vapor, y otro barómetro da la tensión del agua pura bajo la misma temperatura; de ahí resulta que comparando la re-

acion que guardan estas dos tensiones, se conoce el estado higrométrico del aire del recipiente, correspondiente al grado del higómetro observado á la temperatura constante de 10°.

LAS TABLAS DE M. GAY-LUSSAC SON LAS SIGUIENTES:

Tensiones del vapor.	Grados del H. de S.	Tensiones del vapor.	Grados del H. de S.	Tensiones del vapor.	Grados del H. de S.	Tensiones del vapor.	Grados del H. de S.
0...	0,00	26...	47,55	51...	72,04	76...	88,47
1...	2,19	27...	48,86	52...	73,68	77...	88,99
2...	4,37	28...	50,18	53...	74,41	78...	89,51
3...	6,56	29...	51,49	54...	75,14	79...	90,03
4...	8,75	30...	52,81	55...	75,87	80...	90,55
5...	10,94	31...	53,96	56...	76,54	81...	91,05
6...	12,93	32...	55,11	57...	77,21	82...	91,55
7...	14,92	33...	56,27	58...	77,88	83...	92,05
8...	16,92	34...	57,42	59...	78,55	84...	92,54
9...	18,91	35...	58,58	60...	79,22	85...	93,04
10...	20,91	36...	59,61	61...	79,84	86...	93,52
11...	22,81	37...	60,64	62...	80,46	87...	94,00
12...	24,71	38...	61,66	63...	81,08	88...	94,48
13...	26,61	39...	62,69	64...	81,70	89...	94,95
14...	28,51	40...	63,72	65...	82,32	90...	95,43
15...	30,41	41...	64,63	66...	82,90	91...	95,90
16...	32,08	42...	65,55	67...	83,48	92...	96,36
17...	33,76	43...	66,43	68...	84,06	93...	96,82
18...	35,43	44...	67,34	69...	84,64	94...	97,29
19...	37,11	45...	68,24	70...	85,22	95...	97,75
20...	38,78	46...	69,03	71...	85,77	96...	98,20
21...	40,27	47...	69,83	72...	86,31	97...	98,69
22...	41,76	48...	70,62	73...	86,86	98...	99,20
23...	43,26	49...	71,42	74...	87,41	99...	99,55
24...	44,75	50...	72,21	75...	87,95	100...	100,00
25...	46,24						

Grad. del H. de S.	Tensiones del vapor.	Grados del H. del S.	Tensiones del vapor.	Grados del H. de S.	Tensiones del vapor.
0...	0,00	34...	17,10	68...	44,89
1...	0,45	35...	17,68	69...	46,04
2...	0,90	36...	18,30	70...	47,19
3...	1,35	37...	18,92	71...	48,51
4...	1,80	38...	19,54	72...	49,82
5...	2,25	39...	20,16	73...	51,14
6...	2,71	40...	20,78	74...	52,45
7...	3,18	41...	21,45	75...	53,76
8...	3,64	42...	22,12	76...	55,25
9...	4,10	43...	22,79	77...	56,74
10...	4,57	44...	23,46	78...	58,24
11...	5,05	45...	24,13	79...	59,73
12...	5,52	46...	24,86	80...	61,22
13...	6,00	47...	25,59	81...	62,89
14...	6,48	48...	26,32	82...	64,57
15...	6,96	49...	27,06	83...	66,24
16...	7,46	50...	27,79	84...	67,92
17...	7,95	51...	28,58	85...	69,59
18...	8,45	52...	29,38	86...	71,49
19...	8,95	53...	30,17	87...	73,39
20...	9,45	54...	30,97	88...	75,29
21...	9,97	55...	31,76	89...	77,19
22...	10,49	56...	32,66	90...	79,09
23...	11,01	57...	33,57	91...	81,09
24...	11,53	58...	34,47	92...	83,08
25...	12,05	59...	35,37	93...	85,08
26...	12,59	60...	36,28	94...	87,07
27...	13,14	61...	37,31	95...	89,06
28...	13,69	62...	38,34	96...	91,25
29...	14,23	63...	39,36	97...	93,44
30...	14,78	64...	40,39	98...	95,63
31...	15,36	65...	41,42	99...	97,81
32...	15,94	66...	42,58	100...	100,00
33...	16,52	67...	43,73		

Segun estas tablas no existe relacion alguna entre el grado de humedad del aire, y la estension que adquiere el cabello del higrómetro de Saussure.

LECCION LVII.

De las máquinas de vapor.

328. Algunos pretenden que las máquinas de vapor fueron inventadas por Heron 120 años antes del cristianismo. Apesar de cuanto han escrito sobre este descubrimiento los ingleses y los franceses, en el dia, gracias á la noble franqueza de un americano del norte, nadie puede disputar á Blasco de Garay la gloria de haber inventado en tiempo del Emperador Carlos 1.^o de España, las máquinas de vapor, utilizando el que se desprendia de una caldera que tenia agua hirviendo.

329. Estas máquinas pueden considerarse como bombas movidas por la fuerza elástica del vapor: se conocen las atmosféricas, las de doble efecto, las de expansion, etc. Además se dividen en máquinas de *alta, mediana y baja* presion; subdividiéndose en de alta presion con *expansion* y *sin expansion*; las de mediana y baja presion son de *condensacion*. Si la fuerza elástica del vapor no pasa de una atmósfera, la máquina es de baja presion; y pasando de este término es de alta presion: en estas máquinas la fuerza del vapor llega á 7 ú 8 atmósferas.

Despues de Garay, Savery fué el primero que aplicó á la industria estas máquinas, y Newcommen y Canley las perfeccionaron mas tarde. En su máquina el vapor que se condensa por bajo del émbolo deja un vacío y este baja a consecuencia de la presion atmosférica. Los franceses que no pierden la oportunidad de zaherirnos, quieren que Salomon de Caus fuese el autor de la aplicacion del vapor segun las ideas de Heron de Alejandria, regalándonos el epíteto de *indolentes*: no importa, algunos de sus hombres ilustres

han nacido en la península, y sus descubrimientos han servido para enaltecer la gloria de su patria adoptiva.

En la máquina de Savery se experimentaba una gran pérdida de vapor, que se evitó con la invencion de Watt. La presión atmosférica llegó á suprimirse, y el émbolo se movía por la acción del vapor que obra sobre sus dos superficies. Las máquinas de mediana presión con expansión inventadas por Woolf y modificadas por Hornblower, tienen dos ó tres cilindros, y su fuerza de tensión puede llegar hasta tres atmósferas, y en las de alta presión el vapor adquiere hasta diez atmósferas de elasticidad. En estas últimas hay grandes pérdidas de vapor, sobre todo cuando se aplican como locomotoras; son bastante peligrosas y se deterioran con mas frecuencia: esto depende en parte de que el vapor pasa á la atmósfera sin condensarse.

330. Todas estas modificaciones son hijas del uso á que se destinan: las que se emplean para los ferro-carriles, donde se necesita mucha fuerza motriz, son de alta presión y sin condensación. Esto se concibe si se atiende á que el vapor para condensarse gastaría una cantidad de agua, cuyo peso neutralizaría los efectos de la máquina: en los buques donde la máquina está fija y se dispone de una corriente de agua fría, puede ser de baja presión y sin condensador; de otro modo podría inutilizarse cuando aumenta la resistencia de las olas, las corrientes los vientos, etc. En los tiempos borrascosos y cuando la corriente ó el viento es opuesto á la dirección del buque, se disminuye la acción del calor, ó se abre en parte la válvula á fin de disponer de menos fuerza impulsiva. Algunos han imaginado reemplazar el vapor por el ácido carbónico, el amoníaco, etc., es decir, por un gas líquido; pero los resultados han sido poco satisfactorios. Se ha probado con la fuerza electro-magnética, y sus efectos son algo mas alagüenos: es probable que este agente reemplazará algún día al vapor de agua.

331. *Fuentes del calor.* Las fuentes del calor pueden reducirse á cinco principales: 1.º calor solar; 2.º calor desenvuelto por medios mecánicos; 3.º calor desprendido por acciones químicas; 4.º calor debido á corrientes eléctricas; y 5.º calor central ó propio del planeta que habitamos.

332. *Calor solar.* Los rayos del sol aumentan la temperatura de los cuerpos; pero en la insolacion hay diferencias notables segun la naturaleza del cuerpo. Las sustancias transparentes apenas se calientan, y las opacas indican un aumento de calor libre. M. Pouillet calcula que el calor que el sol envia en un año, puede derretir una capa de hielo de 14 metros de espesor: estos rayos aumentan de intensidad si se reúnen en el foco de un espejo parabólico ó de un lente.

333. *Calor desenvuelto por medios mecánicos.* La presión, el frote y la percusion desenvuelven calor. No se sabe aun la causa de esta clase de calor; se dice que las moléculas se aproximan y el cuerpo aumenta de densidad; de suerte que se cree ver una parte del calor latente puesto en libertad: algunos hechos corroboran esta teoria, sobre todo, el poco calor que desenvuelve la presión cuando la densidad ha llegado á su máximo. Sin embargo, hay cuerpos que no aumentan la densidad, y durante esta operacion mecánica desprenden mucho calor: esto contradice la teoria. Algunos creen que la presión comunica á las moléculas un movimiento vibratorio, de donde resulta el aumento de temperatura.

Tampoco se puede explicar el calor que se desprende por el frote. Rumford dice que la capacidad calórica de un metal y sus limaduras no influyen en el fenómeno: un trozo de bronce de un decimetro cuadrado de superficie frotante, dando 32 vueltas en un minuto y rozando sobre otro trozo de un mismo metal, da 250 gramos de limaduras y una cantidad de calor capaz de elevar á 100°.50 litros de

agua. El calor debido al frote niega la teoria de la emision; los movimientos vibratorios facilitan los medios de explicar estos fenomenos. La compresion de los gases aumenta su densidad y desenvuelve calor: el eslabon fisico y el tubo de Mariotte lo demuestran de un modo evidente.

334. Calor desprendido por medio de acciones quimicas. Para explicar el calor que se desprende en las acciones moleculares, se ha recorrido á la capacidad calorifica de los cuerpos que reaccionan antes y despues de la combinacion; pero si en muchos casos esta teoria es satisfactoria, en otros es ineficaz. Hace algunos años que á la capacidad añadi la cantidad de materia, la disminucion de volumen y otras causas fisico-quimicas que influyen en los resultados; pero con ello solo conseguí explicar mayor número de fenomenos sin poder fundar una teoria general. Los movimientos vibratorios de los átomos no resuelven la cuestion; las atracciones y repulsiones eléctricas tampoco; de suerte que sería mas verosimil suponer, que la combinacion de las dos electricidades de nombres contrarios, es la que dá origen al calor químico. Por consiguiente, la capacidad calorifica, la cantidad de materia, la contraccion ó disminucion de volumen, la union de las dos electricidades y hasta los movimientos moleculares, son las causas que contribuyen al desprendimiento de esta clase de calor.

El cuerpo humano tiene una temperatura casi constante que llega á 37.° cent., notándose una pequeña diferencia en los hotentotes del cabo de Buena Esperanza. Este fluido proviene de acciones y reacciones que se verifican en cada aparato orgánico bajo la influencia estimulante del gas oxigeno, que eliminado del aire en el pulmon por las vesiculas aéreas, entra mezclado con la sangre venosa que adquiere en seguida el caracter arterial.

335. Calor debido á las corrientes eléctricas. Cuando se combinan los dos fluidos eléctricos hay desprendimiento de calor, que algunas veces se presenta luminoso: en las

acciones moleculares debe tenerse en cuenta la capacidad calorífica de los cuerpos que reaccionan, y el cambio de estado que experimentan, porque alteran notablemente los resultados.

536. *Calor central.* En todos los puntos de la superficie de la tierra se observa á la profundidad de 7 á 18 metros una temperatura fija, que no varia sea cual fuere la de la atmósfera. Pasado este límite, el termómetro aumenta en todas las regiones y países de un grado por cada 31^m.9. Algunos han supuesto que este aumento guarda una relacion constante, y por lo tanto han creído que á 3100 metros de profundidad, el termómetro señalaba 100°, y que á 30 miriámetros ó á 25 ó 30 leguas de profundidad, debia existir un grado de calor capaz de fundir todas las sustancias conocidas.

En verdad no convengo con este principio, respetando cual corresponde los nombres de los físicos y geólogos que lo han emitido. Si la ley que espusimos (286) es cierta, como nadie puede negar, la distancia para cada aumento de un grado debe ir disminuyendo á medida que mas nos aproximamos al foco calorífico, aun cuando se suponga que haya dispersion sensible de fluido, como en los pozos

DE LA LUZ.

LECCION LVIII.

Consideraciones generales acerca de la luz. Medios empleados para medir su velocidad.

537. Entre los fenómenos que hemos dado á conocer bajo un punto de vista general, para explicar las propiedades de la materia ponderable, y la manera con que obran los agentes ó dinámias, se habrá podido observar cierta

independencia que los separa, cierto límite que el hombre con su genio no ha podido vencer. Ninguna relacion ni enlace tienen sus alteraciones, ni mucho menos se cambian por estos agentes las condiciones esenciales de pesantez é impenetrabilidad. La materia bien sea orgánica, bien sea inorgánica, existe en un determinado estado, ocupa un espacio dudo, se atrae recíprocamente, y los resultados provienen tan solo de la cantidad; de suerte, que sus efectos y propiedades son diferentes de los que la ciencia da á conocer para los fluidos que llamamos *imponderables*. El sol calienta al diamante ó al espato de Islandia, y se presentan luminosos en la oscuridad; la creta, el azucar y otras sustancias ofrecen el mismo fenómeno; las aguas del mar dejan ráfagas brillantes llamadas *lárdaa*; pero en todos estos casos la sustancia pesada, la materia bruta no ha alterado su modo de existir: se ha presentado pasiva, aun quando sea por sí esencialmente activa.

Todos los cuerpos de la naturaleza contienen el *fluido luminoso* encadenado entre los átomos, y se presenta como luz así que se halla en movimiento. La luz es el agente que sirve para pintar en la *retina* los objetos del mundo esterno; de modo que por su influencia el órgano de la vista se pone en accion, conocemos los cuerpos que se hallan á alguna distancia, con sus colores y muchas veces con las magnitudes, posicion y figura, y septimos en el alma la verdad de su existencia.

Algunos creen que la luz es una modificacion del calórico, y otros la consideran como un *ente* que se manifiesta luminoso en determinados casos. He hecho notar (237), que los últimos descubrimientos de Melloni tienden á probar, que el calor y la luz son dos fluidos distintos, que en sus flujos presentan propiedades diferentes que no pueden confundirse: de suerte que segun este físico no existe *calor luminoso*, ni *luz con calor*. Para dar una idea acerca de la naturaleza de la luz, se

han inventado dos sistemas: uno considera al universo ocupado por un fluido muy sutil, *an éter*, el cual trasmite por ondulaciones las vibraciones del cuerpo luminoso: esta hipótesis está basada en los mismos principios que la teoría del sonido. El otro cree que los cuerpos luminosos *trasmiten* partículas de luz en todas direcciones, las que son sumamente ténues, y no producen ninguna incomodidad cuando chocan con el aparato de la vision.

338. Cuando la luz atraviesa un medio homogéneo se trasmite siguiendo la direccion de una linea recta. Si observamos la flama de una bujía ó una esfera metálica incandescente, se verá que son visibles en todas direcciones: el punto luminoso es una esfera que envia rayos de luz al través del cuerpo aeriforme que le sirve de conductor. Mirando el centro luminoso por medio de discos opacos que tengan un pequeño agujero hecho con un alfiler, se nota que aquel centro deja de ser visible así que los discos no se hallan en linea recta. Si el medio de trasmision es heterogéneo y el fluido lo atraviesa oblicuamente á las superficies de separacion, cambiará de direccion pudiendo describir una curva cuando halle continuidad en los cambios de pesantéz.

Sin embargo, en el estudio de la *difraccion*, se prueba que en ciertos casos donde la luz atraviesa un medio homogéneo, no sigue la direccion rectilínea, como sucede cuando la luz viene á rozar los bordes de los cuerpos ó cuando pasa por orificios muy pequeños.

339. Se llama *rayo luminoso* ó de luz, á la linea que sigue la luz cuando se propaga. En la hipótesis de las ondulaciones, esta linea no es mas que el centro de las ondulaciones del éter producidas por los movimientos vibratorios de que el cuerpo está animado. El *haz* ó *hacecillo* luminoso es la reunion de muchos rayos, ora estén próximos unos de otros, ora estén separados.

340. La intensidad de la luz decrece en razon inversa

del cuadrado de la distancia, cuando en la trasmision no ha habido luz absorbida. La cantidad de fluido que se desprende del punto focal, produce un número variable de ondas luminosas, las que al iluminar una superficie forma una figura mas ó menos regular, cuya base se halla en la parte iluminada, y el vértice ó base superior en el átomo ó átomos en vibracion. Estos rayos son divergentes, y á medida que la base se prolonga porque se aleja el plano iluminado, disminuye de intensidad; de suerte que comparando dos distancias que guarden entre sí la relacion de *uno es á dos*, el diámetro de la base de la pirámide mayor, es duplo de la que forma la distancia menor; pero su área es cuádrupla. Esta proposicion se demuestra *a priori* (255). Sin embargo, la verdadera exactitud científica de este principio solo se presenta en el vacío, porque todos los medios por donde la luz se trasmite absorben cierta cantidad, y su intensidad disminuye rápidamente. A pesar de ello, si las distancias son cortas y el experimento se verifica en el aire, se nota alguna exactitud.

Segun esto, los objetos nos son menos visibles á medida que mas se alejan, hasta que se hacen invisibles; pero las estrellas fijas que brillan con luz propia, nos envian rayos casi paralelos, por cuya razon las vemos apesar de la gran distancia á que se hallan. La brillantez de un cuerpo es independiente de la distancia y de su posición: esto proviene de la intensidad de la luz emitida, que es proporcional al seno de la inclinacion que tiene sobre la superficie. *eq. 344.* Para apreciar la mayor ó menor intensidad de dos luces, se han imaginado varios aparatos llamados *fotómetros*. Rouffet para saber la intensidad de dos focos de luz, hacen iluminar á la vez á una misma porcion de superficie traslucida, interponiendo entre ellas un cuerpo opaco. Si *D* y *D'* representan las distancias que separan las dos superficies traslucidas, y *L* y *L'* las intensidades de la luz en cada foco tomadas á la unidad de distancia, se

tendrá $\frac{L}{D^2} = \frac{L'}{D'^2}$, ó bien $\frac{L'}{L} = \frac{D'^2}{D^2}$. Si se hacen variar las dis-

tancias D y D' hasta que la intensidad de la luz que pasa por el cuerpo sea respectivamente igual, lo que se manifiesta con las sombras, así que se obtenga esta igualdad, el foco que esté á mayor distancia, será el mas intenso. M. Leslie ha inventado otro fotómetro con un termómetro diferencial, y admite que la cantidad de calor radiante que emite un cuerpo que ilumina, es proporcional á la del fluido luminoso. Ninguno de los fotómetros inventados da resultados concluyentes: Leslie cree que la claridad de la luz del Sol es doce mil veces mayor que la de una bujia, y comparada con la de la luna como 94500 es á uno; Bouguer ha obtenido una intensidad tres veces mayor, y Wollaston dice, que la luz solar ilumina ochocientas mil veces mas que la luna.

342. La luz ó el fluido luminoso se propaga con increíble velocidad; segun los cálculos parece ser de unas diez mil veces mayor que la de la tierra en derredor del sol. Para averiguar esta velocidad, hay que estudiar los eclipses de algun satélite en derredor de su planeta principal. Roëmer durante los años de 1675 y 1676, observando el eclipse del primer satélite de Júpiter, resolvió este problema. Supongamos que el sol, fig. 122, se halla colocado en el punto S, y que A, B, C, D y E es la órbita que recorre la tierra á su rededor; sea J el planeta Júpiter situado en el plano de la eclíptica, M, N y P la órbita que recorre el primer satélite, y J, R, X y Z el cono de sombra que proyecta el planeta. Sentados estos principios, si se observan los momentos que corresponden á dos inmersiones, es decir, el momento en que el satélite entra en la sombra de su planeta principal, el intervalo es de 42 horas, 28 minutos y 35 segundos; intervalo que es el mismo cualquiera que sea el punto de la órbita donde se halle nuestro planeta. Si las observaciones se hacen con dos

emersiones, esto es, cuando el satélite sale de la sombra del planeta; este intervalo es también igual y constituye una revolución oblicua del cuerpo celeste. Ahora bien, si desde el punto B se observa una emersión, se puede asegurar que la décima pasará después de diez veces $42^{\text{h}}28'35''$, y será observada en el punto C donde habrá llegado el globo de la tierra por su movimiento de traslación; pero no sucede así, sino que llega un poco más tarde, y se ha admitido que este retardo proviene del tiempo que emplea la luz para pasar de B á C: por consiguiente, dividiendo la distancia B C por el retardo observado se sabrá la velocidad de este fluido. Esta velocidad es de ochenta mil leguas por segundo de las de cuatro mil metros. Según esto, la propagación de la luz no es instantánea: la que nos envía el Sol tarda $8'13''$, de modo que en un cuarto de hora recorre el diámetro de la tierra: la que llega de Mercurio $3'10''$, la de Urano $4^{\text{h}}9'45''$ y hay estrellas cuya luz necesita 5 años y 45 días para llegar á la tierra.

La luz, como demostraremos en otro lugar (376), está compuesta de rayos de diferente color, y todos tienen la misma velocidad, porque la sombra que proyecta el satélite no va acompañado de ninguna franja colorada. En todos estos experimentos se supone que el planeta está inmóvil, ó que su movimiento es insignificante durante medio año: por lo que toca á Jupiter, se puede admitir esta suposición, porque necesita unos doce años para recorrer su órbita; de suerte que solo ha descrito la vigésima cuarta parte de ella, cuando la tierra ha pasado por los extremos de la suya.

LECCION LXI.

Sombra y penumbra determinadas gráfica y experimentalmente. Las sombras pueden considerarse físicas y geo-

métricamente. Cuando un obstáculo se interpone entre el foco luminoso interceptando una parte de los rayos puestos en accion, produce una sombra, que corresponde al cuerpo opaco. Esta sombra es diferente segun la distancia de la pantalla al punto luminoso, y sus respectivas magnitudes. Se llaman *cuerpos opacos*, aquellos que la luz no atraviesa, *cuerpos transparentes* ó *diáfanos* todos los que dejan propagar la luz al través de su sustancia, y *cuerpos traslúcidos* ó *traslucientes* á los que permiten pasar la luz difusa. Los cuerpos opacos pueden presentarse traslucientes, siempre que se reduzcan á hojas sumamente delgadas, y los diáfanos se hacen opacos cuando aumenta su grueso ó espesor.

344. La magnitud y distancia de los cuerpos opacos y luminosos, hace variar la figura de la sombra: ésta se hace mayor á medida que aumenta la distancia del obtáculo al foco, al paso que disminuye en los casos opuestos. La sombra puede presentar una figura cilíndrica, cónica ó la de un cono truncado, segun las magnitudes del cuerpo opaco y del foco luminoso. Cuando el cuerpo luminoso es igual al cuerpo opaco, la figura de la sombra es cilíndrica. Sea A el foco luminoso y B el cuerpo opaco que se interpone, fig. 123, como ambos tienen la misma magnitud, haciéndolos girar sobre el eje indefinido A J, proyectarán el cilindro C G y E H: igual sombra se proyecta si estando los cuerpos fijos se tiran las tangentes C G y E H. En el caso que el cuerpo luminoso sea menor que el opaco, fig. 124, se consigue una sombra que representa un cono truncado: esto se consigue examinando las tangentes C G y E H. La base menor será un círculo de menor diámetro que el de la esfera, y la porcion iluminada vendrá representada por una cantidad menor que un hemisfério. Ultimamente, si el foco es mayor que el cuerpo opaco, fig. 125, la sombra proyectada será un cono, porque las tangentes C J y E J se reunirán en el punto J.

345. Mas si el cuerpo luminoso tiene dimensiones finitas, como en los tres ejemplos anteriores, se observa que la separacion de la sombra y de la luz no se verifica de un modo brusco, si no que entre la parte iluminada y la sombra, existe un espacio iluminado con desigualdad que se llama *penumbra*. Sea una esfera luminosa A, fig. 126, que alumbrá á otra B: trácense los dos conos tangentes á las esferas, y sean *ab* y *cd* los dos círculos de contacto: desde luego se observa, que todos los puntos de la esfera B, situados en la parte anterior de *ab*, reciben mayor cantidad de luz, y los de dicha esfera colocados detras del círculo *cd*, no interceptarán ningun rayo luminoso: por cuya razon la cantidad de luz irá decreciendo á medida que mas se aproxime á *cd*: por consiguiente el espacio comprendido entre los dos círculos *ab* y *cd*, donde se nota esta degradacion, constituye la *penumbra*. El cono de sombra O que se proyecta detras de la sombra opaca es infinito, cuando el cuerpo opaco es mayor que el foco luminoso, y finito en el caso contrario; pero este cono truncado de la sombra, está rodeado de otro N alumbrado solamente por una parte del cuerpo luminoso, y es finito en todos los casos que se pueden presentar. En las fig. 124 y 125 están indicados con las letras R.

346 Hay dos especies de sombra, la recta y la inversa. La primera es la que arroja un cuerpo sobre un plano horizontal cuando su posicion es perpendicular á dicho plano; entonces la sombra es al cuerpo, como el coseno de la altura de la luz, es al seno de esta altura. De ahí se deducen tres casos: 1.º cuando el seno es igual al coseno, la sombra recta tiene las mismas dimensiones que el cuerpo que la produce; esto sucede siempre que el sol se halla sobre el horizonte á 45º de elevacion: 2.º si el seno de la altura de la luz es menor que el coseno de esta altura, la sombra es mayor que el cuerpo; como se verifica cuando la elevacion del sol en el horizonte es menor que los 45º:

3.º en el caso de ser el seno mayor que el coseno, por hallarse el sol á mayor altura que la de 45° , la sombra es mas pequeña. La sombra inversa es la que produce un cuerpo opaco colocado sobre el plano vertical: esta sombra es al cuerpo que la produce, *como* el seno de la altura de la luz, *es* á su coseno.

La sombra de un cuerpo opaco es tanto mas intensa cuanto mas intensa es la luz del foco luminoso: en este caso la oscuridad de la sombra proviene del mayor número de rayos interceptados; por cuya razon se hace mas oscura. Todo cuerpo opaco colocado en el espacio, puede arrojar tras de si tantas sombras, cuantos sean los focos luminosos diferentes, á los que intercepta una parte de los rayos puestos en accion.

LECCION LX.

Leyes de la reflexion de la luz.--Aplicacion á los espejos planos.

347. Los cuerpos opacos tienen la propiedad de reflejar el fluido luminoso. Cuando la superficie sobre que choca el hacesillo luminoso es irregular, ó está cubierta de asperezas, la reflexion es irregular porque se verifica en todos sus puntos y segun todas sus direcciones; pero si aquella se halla pulimentada, entonces la reflexion es regular, y se manifiesta en todos los puntos y hácia una misma direccion. De aquí se infiere, que los cuerpos no son luminosos por sí, y se hacen visibles siempre que reflejan la luz que choca en la superficie.

Las leyes de la reflexion pueden reducirse á tres: 1.º *el ángulo de incidencia es igual al de reflexion*; 2.º *el plano de incidencia coincide con el de reflexion*; 3.º *la intensidad de la luz despues del choque varia con la inclinacion del rayo incidente, y con la naturaleza de la superficie re-*

flectante. Para demostrar las leyes primeras, hágase pasar oblicuamente un hacesillo de luz S D, fig. 127, por un orificio E, procurando que vaya á chocar en la superficie plana AB colocada en el centro del aposento oscuro: desde luego se observa que en una direccion dada, se percibe un rayo DF que parece salir del espejo y marca la imagen sobre cualquier cuerpo que se interpone á su paso. Si en el punto D bajamos la perpendicular PD, tendremos los ángulos $SDP = PDF$: el primero se llama *ángulo de incidencia*, porque está formado por el rayo incidente, y el segundo *ángulo de reflexion* por que contiene el rayo reflejo: estos dos ángulos están situados al lado de la normal PD. Además si de los diferentes puntos del aposento se vé de un modo mas ó menos claro la porcion del plano sobre que choca la luz, esto demostrará que hay cierta cantidad de fluido irregularmente reflejado, y por consiguiente el plano es imperfecto: para que la reflexion sea completa es indispensable, que el hacesillo choque sobre un plano matemático, y este es materialmente imposible en las artes. La luz cuando pasa de un punto del rayo incidente á otro del rayo reflejo y toca á su superficie, sigue siempre el camino mas corto.

En la reflexion de la luz se nota, que la suma del fluido reflejado con regularidad con el que se refleja irregularmente, es menor que la luz incidente: porque durante este fenómeno hay cierta cantidad de fluido absorbido, que es tanto mayor cuanto mas trasparente es el cuerpo que refleja. La absorcion de la luz y su excesiva velocidad, prestan medios para esplicar la oscuridad que se observa en los aposentos así que no llegan los rayos de un modo directo. Se cree que la luz despues del choque se refleja con una fuerza igual á la que tenian antes: Mr. Bouquer ha probado, que la luz reflejada disminuye á medida que el rayo incidente se aproxima á la normal; siendo 1000 los rayos de un hacesillo que cae sobre el agua bajo un ángulo

de $0^{\circ}30'$, solos 721 son los reflejados, y 18 si aquel ángulo es 60 á 90° .

348. Los partidarios de la emision esplican la reflexion de la luz admitiendo ciertas fuerzas repulsivas en las particulas que forman la superficie reflectante, y su accion se indica en las moléculas luminosas. La teoría de las ondulaciones dice, que la serie de las vibraciones trasmitidas por el éter llega á la superficie reflectante, donde halla un nuevo medio cuyo éter tiene distinta elasticidad, y segun las leyes de la mecánica racional, toman origen dos sistemas de ondas; unas que se dirigen del punto luminoso á la superficie, y otras que marchan en diversa direccion de las incidentes. Los átomos etéreos que se hallan colocados en la superficie reflectante, se ponen en vibracion por efecto de las ondas incidentes, lo cual produce otro sistema de ondas elementales, que se reflejan variando de direccion.

349. Segun estos principios, en la reflexion con espejos planos la imágen es simétrica con relacion al objeto, y viene á juntarse detras del espejo á una distancia igual á la que tiene el punto luminoso, que aqui representamos por el objeto. Sea AB, fig. 128, la superficie plana sobre que choca el rayo incidente SR, que sale del punto S; si desde este punto se baja la perpendicular SC, y se prolonga hasta CS' igual á SC, bastará trazar S'R y prolongar esta línea hasta P para obtener el rayo reflejo RP. Si en R se baja la normal NR, se tendrán los ángulos iguales SRN de incidencia y RNP de reflexion. Esto da los triángulos SRC igual á CRS', por tener el lado comun RC; los ángulos en C rectos y el ángulo S'RC igual á CRS, luego la imágen viene á pintarse detras del espejo en el punto S'. Esta es la razon porque los árboles y demas objetos que están en la orilla de los rios, lagos, etc. se dibujan en el agua reproduciendo las imágenes en sentido invertido. Si delante de un espejo que tenga 45° de incli-

nacion, se coloca un objeto en posicion vertical, se ve en esta misma posicion.

Cuando dos espejos se disponen de modo que formen ángulo, las imágenes sucesivas de los bordes de los espejos harán entre sí ángulos iguales con los de los espejos; un objeto colocado entre ellos dará dos imágenes en cada sector, y el conjunto presentará una perfecta simetría. En este principio se ha fundado el *Kaleidóscopo* ó *trasfigurador*, y el modo de conocer el verdadero color de los metales.

Si se colocan dos espejos en posicion paralela, los rayos que salen del punto luminoso llegan al ojo del observador despues de haber sufrido varias reflexiones, lo que produce en cada espejo una serie de imágenes, cuyos tintes van disminuyendo á medida que los rayos que las forman han sido reflejados mayor número de veces. Sobre estos principios se han inventado varios aparatos de importancia, como los *goniómetros* de Wollaston, el de Babinet, el *helióstató* de Gambey, el de Silbermann, etc.

Existen espejos prismáticos, piramidales, ó bien cilindricos y cónicos, que sirven como instrumentos de curiosidad. Con ellos se observan dibujos iluminados hechos de varias piezas, llamados *anamórfoses*, los cuales representan á la simple vista un conjunto estravagante y caprichoso; pero que manifiestan una imagen regular, así que se colocan delante de un espejo apropósito: la geometría da reglas para trazar estos caprichos.

LECCION LXI.

Reflexion de la luz sobre superficies curvas. -- Determinacion gráfica y esperimental de los focos.

350. Las superficies curvas son cóncavas y convexas. Los espejos se llaman *cóncavos* cuando están pulimentados

por la parte interior, y *convexos* si el pulimento está en el exterior. Las superficies curvas que nos importa mas conocer son las esféricas y las parabólicas. En esta clase de espejos, la luz se refleja siguiendo las mismas leyes que en los planos, es decir, formando un ángulo de incidencia igual al de reflexion: la superficie curva se considera como una serie infinita de pequeños planos, y la luz choca sobre uno de ellos para seguir segun las leyes que hemos dado á conocer.

351. En los espejos curvos se distingue el *foco principal*, el *foco virtual*, los *focos conjugados*, las *cáuticas por reflexion* y la *aberracion de esferoidad* ó de *esfericidad*. El foco principal de un espejo cóncavo de pequeñas dimensiones se conoce del modo siguiente: sea C el centro de la esfera, fig. 129, á la que pertenece la superficie reflectante EE'; y B un punto cualquiera del espejo: ahora bien, si se considera un hacedillo luminoso paralelo á CB que vaya á chocar en el espejo EE', los rayos reflejados irán á cruzarse sobre el punto O; este punto es el *foco principal*. El foco ó punto de interseccion entre el rayo reflejado y el eje se halla próximamente á la mitad de dicho eje, sea cual fuere el rayo incidente DA. Siendo ABC un plano meridiano que pasa por BC que es el eje, DA será el rayo incidente y AO el reflejo; luego se tendrá el triángulo isóceles AOC, en el que el ángulo $OAC = CAD$, y por lo tanto el ángulo en A igual al ángulo C, lo que dá $AO = OC$: pero como el arco BA tiene un número pequeño de grados, resulta que AO es igual á OB; luego el punto O se halla próximamente á la mitad del eje BC. Todos los rayos concurren á este punto focal, pero el foco no es un punto único, si no que corresponde á la estension de la imágen aérea que se forma delante del espejo. Si el objeto se moviese en la direccion de otra linea que no fuese el eje principal, se presentarian los mis-

mos fenómenos, y esta línea cuando pasa por el centro y llega al espejo se llama *eje secundario*.

352. Cuando el punto luminoso está á una distancia finita, la disposicion del foco varia, bien porque se aproxime mas hácia el espejo, bien porque vaya á formarse detras de él: en este caso la prolongacion de los rayos van á cruzarse en un punto, que estará próximamente á la mitad del radio que forma el eje, y este punto lleva el nombre de *foco virtual*.

353. Se llaman *focos cónyuges ó conjugados*, aquellos dos puntos donde se establece una reciprocidad entre el objeto iluminado y su imagen: entonces en virtud de la ley de reflexion, el rayo reflejo volverá segun la misma direccion, y se reflejará siguiendo la línea de incidencia; de suerte que el punto luminoso y el foco serán reciprocos. Sea el punto C, fig. 130, colocado á una distancia finita del espejo cóncavo: en este caso los rayos reflejados concurrirán al punto C' situado sobre CP: si el punto luminoso está en C' su foco vendrá á establecerse en C, lo que prueba la reciprocidad entre el objeto iluminado y el foco. Mas si el punto luminoso marcha del infinito hácia el espejo, el foco adelantará para buscar el centro, y ambos llegarán á dicho centro en el mismo tiempo; pero si el punto luminoso continúa moviéndose hacia el espejo, el foco se separará del centro, y estará al infinito cuando aquel punto se halle en el foco principal. En el caso de que la imagen iluminada se coloque mas allá del foco principal, el foco cónyuge irá á situarse detras del espejo, en cuyo caso solo resultará de la prolongacion de los rayos, y será virtual.

354. Las *cáusticas por reflexion*, son las curvas que se forman por la interseccion de los rayos reflejados que han salido de los diferentes puntos del espejo. El conjunto de las curvas cáusticas de cada sistema, constituye una super-

ficie cáustica. Segun Pecclet, la reflexion de los espejos esféricos puede enunciarse del modo siguiente: cuando una superficie refleja regularmente los rayos que le llegan de un punto, cualquiera que sea su figura, se pueden trazar sobre ella dos sistemas de líneas curvas que se cortan en ángulo recto, de las que cada una tiene la propiedad de cortar á dos los rayos consecutivos que se reflejan sobre los diversos puntos, para dar origen á una superficie evolvable. Los puntos donde se cortan las dos superficies, la evolvable y la continua que resulta de las aristas que se dirigen hácia arriba, se llaman *cáusticas*, y son los focos. Para probar este principio, sea L un punto luminoso, fig. 131, colocado en una superficie reflectante, Lx un rayo incidente, y xn el rayo reflejo: si se considera que todos los rayos incidentes que salen de L , caen en un círculo de un radio infinitamente pequeño y se reflejan de un modo regular, se tendrá que cada dos rayos reflejados como $x'n'$ y $x''n''$ encuentran el rayo central xn en los dos puntos diferentes oo' ; las dos direcciones xx' y xx'' son de tal naturaleza, que los planos Lxx' y Lxx'' se cortan en ángulos rectos, lo mismo que los planos xox' y xox'' .

De ahí se sigue, que para un mismo punto luminoso existen dos sistemas curvas que se llaman *líneas de reflexión*: la superficie evolvable formada por los rayos reflectantes sobre una curva de uno de los sistemas, corta en ángulo recto la superficie evolvable que corresponde á las curvas del segundo sistema, y la arista de cada una de estas superficies es la *curva cáustica*, y su conjunto constituye la *superficie cáustica*.

Cuando varios rayos de los espejos de poca concavidad no se cruzan en el foco, la causa que produce esta anomalía se llama *aberracion de esferoidad ó de esfericidad*. Si el espejo tuviese la superficie parabólica, las cáusticas de los rayos paralelos quedaría reducida á un punto, que será el foco matemático de la curva; porque la condicion escen-

cial de esta figura, es la de enviar á su foco todos los móviles que chocan á su superficie siguiendo la direccion paralela al eje. De este principio emana la aplicacion de las figuras parabólicas que se dá á los reverberos que deben proyectar la luz á una pequeña distancia, como en los faroles que se usan para el alumbrado público.

355. La magnitud de las imágenes vistas por reflexion depende de la posicion del objeto con relacion al espejo. Cada punto del cuerpo iluminado produce una imagen real ó virtual, que se situa sobre el rayo que dirige al punto que representa la superficie del espejo, y el conjunto de todos ellos componen la imagen real ó virtual del cuerpo. Cuando en un espejo cóncavo, siendo la imagen real, el objeto se halla mas allá del centro, la imagen se vé invertida con relacion al objeto cuya posicion constante debe hallarse en el centro y el foco principal, y su magnitud es menor que la del objeto que representa; pero si el objeto se halla entre el centro y el foco principal, la imagen sigue invertida se vé mas allá del centro y su magnitud es mayor que la del objeto. En los espejos cóncavos el objeto se verá en su posicion natural, si se ha colocado entre el foco principal y el espejo, en cuyo caso la imagen será virtual y su magnitud mayor que la del cuerpo que produce; en fin, en los espejos convexos la imagen es virtual y recta, pero mas pequeña que el objeto. De ahí se infiere, que cuando el observador en los espejos esféricos, se ha colocado mas allá del centro la imagen es menor y se vé invertida; si se acerca al espejo la imagen aumenta siguiendo su primera posicion, y desaparece cuando pasa mas allá del centro hasta llegar al foco principal, porque en esta distancia la imagen se ha situado detrás de sí: últimamente, si el observador se ha colocado mas cerca del espejo cóncavo, que del foco principal, se vé en su posicion natural; pero de mayor tamaño, y si el espejo es convexo entonces la imagen es mas pequeña aun cuando se presenta recta. Los espejos cilíndricos,

convexos y cónicos han de considerarse como espejos planos en el sentido de la generatriz, para ellos se construyen anamórfoses apropiadas (340).

LECCION LXII.

Ley de la refraccion de la luz.-Consideraciones y aplicaciones á los medios terminados por superficies planas.

356. La refraccion es el desvio ó cambio de direccion que experimentan los rayos de luz cuando atraviesan los cuerpos trasparentes ó diáfanos. Esta desviacion se verifica siempre que el fluido luminoso cae oblicuamente; pero si la direccion es perpendicular al plano de separacion de los dos medios refringentes, entonces sigue su direccion primitiva. Las leyes de la refraccion de la luz, forman la parte de la fisica llamada *dióptrica*.

357. Estas leyes son tres; 1.^a la desviacion del rayo de luz que se acerca ó separa de la normal bajada al punto de inmersion; 2.^a la relacion constante é invariable del seno de incidencia y refraccion; cualquiera que sea la oblicuidad del rayo luminoso: 3.^a la constante direccion del rayo de luz, siempre que despues de haber atravesado los medios refringentes vuelve á continuar su direccion por el mismo cuerpo por donde se propagó. Cuando un rayo de luz pasa por un medio refringente á otro que lo es mas, se acerca á la perpendicular bajada al punto de contacto de las superficies de los dos cuerpos; y por el contrario la luz se separa de esta normal, siempre que se propaga de un medio refringente á otro que posee esta propiedad en menor grado. Para probar esta primera ley sea AB, fig. 132, la línea que separa los medios X y Z, siendo Z mas refrangible que X; en este caso el rayo de luz SC no seguirá la direccion primitiva SR, sino que tomará la que indica la

línea CR'. Si por el punto C se baja la perpendicular PP' que pasa por C, se formarán dos ángulo SCP y R'CP': el primero es el ángulo de incidencia porque contiene el rayo incidente SC, y el segundo el ángulo de refraccion porque CR' es el rayo refracto.

No es posible asegurar si el contacto de las dos superficies de distinto poder refrangible se verifica por graduaciones insensibles, ó por dos planos de superposicion; así es que en el primer caso el rayo describirá una curva de pequeñas dimensiones, y en el segundo la línea se romperá como una línea geométrica: la razon y la teoría apoyan la primera suposicion. Algunos al dar á conocer esta ley, se refieren á la densidad de los medios: esto es un error, porque el poder refringente de un cuerpo no está subordinado á la densidad. Los cuerpos son mas refrangibles cuanto mayor es su combustibilidad; así se ve que el alcohol y el aceite siendo mas ligeros que el agua, refractan la luz con mayor intensidad. Newton apoyado en esta verdad, sospechó que el diamante contenia una sustancia combustible.

358. Descartes dijo, que cualquiera que fuese la oblicuidad ó inclinacion de un rayo de luz que pasa de un medio á otro de diferente refrangibilidad, la relacion del seno de incidencia al seno de refraccion es constante é invariable. Para probar este principio, basta hacer atravesar por dos medios de distinta refrangibilidad dos ó mas haces de luz con diversa oblicuidad, y examinar la relacion que guardan entre sí los diferentes senos de incidencia y refraccion, y se verá que es de $\frac{4}{3}$ próximamente, cuando la luz pasa del aire al agua; esta relacion dá *seno de SCP : seno de R'CP' : 4:3*; relacion que constituye el *índice de refraccion*.

359. Los rayos luminosos cuando atraviesan los cuerpos refringentes, pueden sufrir ligeras modificaciones

en la desviacion segun las superficies que limitan al cuerpo. Estas pueden ser planas y curvas, y en esta leccion solo nos ocuparemos de la primera. Las superficies planas pueden ser paralelas ó inclinadas: en las primeras el rayo luminoso incidente es paralelo al rayo emergente, por que la desviacion que sufre al penetrar en el medio refringente, es igual á la que tiene lugar cuando sale de dicho medio. Para probar esta verdad, sea AB y CD, fig. 133, un medio refringente terminado por superficies paralelas; el rayo RE al penetrar en E forma un ángulo igual al que se presenta cuando sale por el punto P; de donde resulta, que los dos rayos RE y PR' son paralelos.

Cuando las superficies planas están inclinadas, constituyen lo que en óptica se llama un *prisma*, fig. 134. La refraccion que tiene lugar cuando un rayo luminoso atraviesa un medio cuya figura esté terminada por planos que forman ángulos, el rayo emergente se aleja del vértice de dicho ángulo. Esta verdad se demuestra haciendo pasar un rayo de luz ab , fig. 135, sobre la cara AC del prisma ACB; el rayo incidente ab se refracta segun la direccion bx acercándose á la normal nm , y por consiguiente alejándose del vértice B; el rayo refracto xx' tambien se separa de la normal, y por lo tanto del vértice del prisma; un observador colocado en el punto a veria el cuerpo x' en la direccion aa' . La refraccion en los prismas puede presentar algunas modificaciones, segun el ángulo refringente del prisma.

360. Se llama *ángulo limite* á la incidencia menor de 90° , por la que el ángulo emergente es recto. Si un rayo de luz pasa del vacio á un cuerpo refringente, ó bien de un cuerpo á otro que sea mas refringente, el ángulo de incidencia es mayor que el de refraccion; del mismo modo el rayo se desviará de la normal, cuando salga de un medio refringente para penetrar en el vacio ó en otro medio me-

nos refringente. Segun esto, existe para cada cuerpo una incidencia, que produce un ángulo emergente que es recto.

361. En la refraccion de la luz se observan tambien las *cáusticas* por refraccion, y los *focos reales y virtuales*. Siempre que los rayos luminosos inmergen del vacío á un medio cualquiera, ó bien de un cuerpo á otro mas ó menos réfringente, los rayos refractos consecutivos en ciertas direcciones se cortan dos á dos, y las superficies brillantes que forman los puntos de interseccion se llaman *cáusticas*; estas dos superficies son mucho mas brillantes, que las demas del espacio por donde pasan los rayos. Los puntos de interseccion de dichas superficies constituyen los *focos*, que son virtuales si se hallan en el punto que se cruzan los rayos refractos prolongados suficientemente.

Newton para esplicar la refraccion de la luz, supone que los cuerpos egercen sobre las moléculas luminosas, una atraccion que aumenta con la densidad. La teoria de las ondulaciones esplica este fenómeno demostrando, que el índice de refraccion es igual á la relacion directa de las velocidades con que se propaga la luz en los dos medios, y por consiguiente solo depende de la naturaleza y estado de los cuerpos diáfanos.

LECCION LXIII.

Refraccion al través de los cuerpos terminados por superficies curvas.-Lentes.--Determinacion gráfica y experimental de los focos.

362. Las superficies curvas refractan los rayos luminosos formando un ángulo de incidencia igual al de refraccion. En este caso el punto de la curva donde choca el rayo, debe considerarse como un plano, que hace parte del plano tangente en el punto de contacto. Para averiguar la direccion del rayo refracto, basta tirar una tangente á la

curva por el punto de incidencia, luego una perpendicular, y se tendrá la construccion para operar como en una superficie plana. La refraccion en un medio indefinido terminado por una superficie curva, puede presentar diferentes casos, por la posicion del punto luminoso y por la superficie: esta puede ser *cóncava y convexa*.

363. Si un rayo luminoso SC, fig. 136, cae sobre una superficie convexa AB, que es mas refringente que el medio por donde se propaga, dicho rayo se refractará en C, acercándose á la perpendicular y cortará eleje en el punto F. Mas suponiendo que los rayos incidentes son paralelos en virtud de la distancia á que se halla el foco luminoso, como sucede con la luz del sol, los rayos se refractarán, y la relacion del seno de incidencia al seno de refraccion, será de 2 á 3. Supongamos que los rayos *a, b, c, d*, caen sobre la superficie AB, fig. 137; estos rayos se refractarán haciendo $xi=2$, y $mn=3$: todos ellos presentarán en el aire una cáustica cuyo punto de union estará en F, y se llamará *foco de los rayos paralelos*. Pero puede suceder, que el punto luminoso esté á una distancia finita; en cuyo caso los rayos refractos serán menos convergentes, y el punto de union de la cáustica estará mas lejos: de modo que á medida que el punto luminoso se aproxima mas á la superficie refringente, los rayos refractados son mas divergentes, y quando este punto llegue cerca del foco de los rayos paralelos que vienen del aire, las ramas de la cáustica se separa hasta que aproximándose mas se dirijan sobre los costados: en este caso los rayos intermedios darán lugar á una cáustica en el medio refringente, que se presentará mas allá del punto luminoso.

364. Quando la superficie refringente es cóncava y el punto luminoso se halla en el medio mas denso, las cáusticas se forman en este medio sea cual fuere la distancia á que se encuentre la luz: entonces la superficie cóncava tiende á aproximar los objetos hácia el observador, que se supo-

ne colocado en el medio menos refringente. Sean La y Lb , fig. 138, dos rayos luminosos que parten del punto L y van á penetrar en un medio menos refringente; estos rayos se separarán de las normales xa y xb , y las cáusticas se presentarán por debajo del punto luminoso; de suerte que el observador colocado en R verá el punto L en L' . Pero si el punto luminoso se halla en el medio menos refringente, los rayos refractos se aproximan á las normales, bien porque dicho punto esté por debajo del centro de la superficie que refracta, bien porque se halle mas allá de este centro. En el primer caso los rayos La y Lb , fig. 139, se acercan á las normales xa y xb , y las cáusticas se presentan en L' : mas en el segundo caso, como los rayos refractos convergen con mayor prontitud que los incidentes, las cáusticas vienen á formarse tambien por debajo del punto luminoso.

365. Se llaman *lentes* unas sustancias terminadas por superficies curvas, ó planas y curvas, que pueden ser convergentes y divergentes, segun que ambas superficies ó una de ellas por lo menos es cóncava ó convexa: serán convergentes cuando dicha superficie sea cóncava, y divergentes siempre que sea convexa. Las lentes pueden ser planas, esféricas, elípticas, parabólicas, etc.: solo nos ocuparemos de las esféricas. Combinando las superficies planas y esféricas, se pueden formar seis lentes: 1.^a la *bi-convexa*, fig. 140, cuyas superficies son convexas; este lente se llama *convexa*: 2.^a la *plano convexa*, fig. 141, en la que se ve una superficie plana y otra convexa: 3.^a la *cóncava convexa*, llamada *cavo-convexa* ó *menisque convergente*, fig. 142, en la que una de las dos superficies es cóncava y la otra convexa, y el radio de curvatura de la primera es mayor que el de la segunda: 4.^a la *bi-cóncava*, fig. 143, donde se notan dos superficies cóncavas: 5.^a la *plano-cóncava*, fig. 144, que tiene una superficie plana y otra cóncava: 6.^a y finalmente, el *menisque divergente*, fig.

145, que apesar de estar formado por una superficie cóncava y otra convexa, tiene los bordes muy gruesos como las otras dos anteriores, por cuya razon divergan los rayos de luz; al contrario, las lentes convergentes son muy gruesas en el centro y delgadas en los bordes. La linea matemática que une los dos centros se llama *eje*: cuando la lente es plano-cóncava ó plano-convexa, el eje es la perpendicular bajada desde el plano al centro de la curvatura.

366. La luz al atravesar las lentes sigue las leyes de la refraccion simple, y se nota tambien los focos conjugados, los focos principal y virtual y las cáusticas por refraccion. Sea una lente bi-convexa LL' , fig. 146, que recibe los rayos de luz incidentes que salen del cuerpo R colocado sobre el eje de las dos superficies convexas E y E' ; si R a representa un rayo incidente, al entrar en el medio que constituye la lente se refractará acercándose á la normal ax y continuará en la direccion aa' , hasta que saliendo de la lente se propagará por el aire separándose de aquella normal. El rayo seguirá en esta nueva direccion, hasta cortar el eje por el punto F donde se juntará la imagen; pero si el rayo saliera sin refractarse, la imagen se presentará en F' : en este caso R y F' son los dos focos conjugados; mas el foco se alejará al infinito ó formará un foco principal ó virtual segun que el objeto se acerca al foco, esté en él ó se aproxime mas á la lente. Representando por p, p' y p'' las distancias tomadas desde el centro A al cuerpo R y á los puntos F y F' sobre el eje EE' , y por m, m' los radios que se consideran desde el centro á las superficies opuestas, siendo i el índice de la primera refraccion, tendremos que respecto á la superficie del radio m , serán los focos conjugados R y F ; de suerte que siendo F el foco real se tendrá $\frac{1}{p} + \frac{i}{p''} = \frac{i-1}{m}$.

Mas por lo que toca á la segunda superficie del radio

m' , siendo F y F' los focos conjugados, suponiendo que la luz sale de F' , el foco F será virtual y dará; $\frac{1}{p'} - \frac{i}{p''} = \frac{i-1}{m'}$ y destruyendo los términos semejantes, darán; $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{i+1}{m} + \frac{i-1}{m'}$. Si los rayos son paralelos resultará que $\frac{1}{p} = \frac{i-1}{m} + \frac{i-1}{m'}$; en cuyo caso el punto F' será el foco principal; pero si $p'=d$, d será la distancia focal principal; por consiguiente se podrá establecer en general que; $\frac{i-1}{m} + \frac{i-1}{m'} = \frac{1}{d}$, y $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{d}$; de donde resulta $p' = \frac{d p}{p-d}$.

367. De estos principios emanan las consecuencias siguientes: 1.^a Si p es infinito, fig. 147, $p'=d$; 2.^a Si p es finito y mayor que d , p' es positivo, los rayos serán convergentes al salir de la lente y el foco F será real: 3.^a Si $p=d$, p' es infinito y los rayos al salir de la lente son paralelos; 4.^a Si p es menor que d , p' es negativo, los rayos son divergentes al salir, y el foco F es virtual. Cuando la lente es bi-cóncava deben de cambiarse los signos m y m' ó mas bien el d , y entonces p' es negativo; de manera que el foco principal y el foco conjugado F' son virtuales.

368. El centro óptico está dentro de la lente y es independiente de la dirección de los rayos incidente y emergente. Para hallar este punto, sea la lente LL' , fig. 148, en la que la línea EE' une los centros convexos; tirense dos paralelas EC y $E'C'$, en cuyo caso CC' será el rayo refractado en el interior de la lente: las líneas normales EC y $E'C'$ serán paralelas en B y B' , y entonces los rayos tanto incidentes como emergentes son tambien paralelos. Por consiguiente se tendrá; $EO : EO' :: ED : E'D'$; de donde resulta $ED—EO : E'D'—EO :: ED : E'D'$, ó bien $OD : OD'$

$m; m'$. Los dos focos R y F en la figura 146, pueden estar sobre la línea que une los ejes ó fuera de esta horizontal; pero en este caso el rayo pasará por el centro óptico y no experimentará desviación alguna.

369. Las imágenes se presentan en los focos, siempre que un objeto colocado delante de una lente envía rayos luminosos, los que después de haberse refractado van á reunirse en un punto situado sobre uno de los rayos no refractados. La imagen se presenta á la distancia de la lente

$p' = \frac{d p}{p d}$; el cruzamiento de estos rayos dará la imagen real ó virtual según el punto donde se coloca el observador, y la reunión de todos los rayos enviados por el cuerpo dará la imagen por refracción. En las lentes bi-convexas, si el objeto está muy distante, la imagen se presenta cerca del foco principal en sentido invertido, y con reducidas dimensiones; pero si el objeto se aproxima á la lente, la imagen continuando en la posición invertida se separa y aumenta sus dimensiones, llegando á tener el mismo tamaño que el objeto, cuando este se halla á una distancia doble de la que corresponde á la focal principal. Mas si en esta posición el cuerpo se aproxima á la lente, entonces la imagen se hace mayor que el objeto, y sus dimensiones son infinitamente mayores, así que dicho cuerpo se halla á una distancia del foco principal infinitamente pequeña.

LECCION LXIV.

Determinación del índice de refracción de los cuerpos sólidos, líquidos y gases. -- Reflexión total. Espejismo.

370. Dijimos (356) que la refracción es la desviación que experimenta la luz, cuando pasa de un medio á otro de diferente refrangibilidad. El índice de refracción es la

relacion que guardan entre si los ángulos de incidencia y de refraccion. Se llama *potencia refractiva* de un cuerpo, al cuadrado del indice de refraccion disminuido de la unidad, y se dice *poder refringente* á la potencia refractiva dividida por la densidad, esto es, la potencia refractiva bajo la unidad de densidad.

371. Newton para averiguar el índice de refraccion de los sólidos y los líquidos, presentó un método cencillo y exacto: consiste en construir un prisma ABC, fig. 149, con la sustancia que se pretende estudiar, y se coloca de modo que sus aristas estén verticales. Por medio de un círculo horizontal dividido, que tenga una alidada con su lente é hilo á plomo que se pondrá en R, se dirige la lente sobre una mira puesta á gran distancia y en seguida se observa esta mira por refraccion al través del prisma refringente. Haciendo girar el prisma hasta que la desviacion del rayo refracto sobre el rayo directo, ó el ángulo en x sea el menor posible, los ángulos en a y a' serán iguales, lo mismo que los en e y e' . El ángulo en P es á la vez suplemento del que constituye el vértice del prisma, y de $2e$; luego $e = \frac{o}{2}$ y como x representa la desviacion, por que la mira se halla muy distante siendo uno de los ángulos del triangulo EkF, resulta que $x = 2(a - e) = 2(a - \frac{o}{2})$: de donde se infiere, que $a = \frac{o + x}{2}$. Por consiguiente siendo n el índice buscado, tendremos $n = \sec \frac{o + x}{2} : \sec \frac{o}{2}$.

372. Para las sustancias líquidas se mide el índice de refraccion con un prisma de cristal hueco, y operando como si estuviese macizo. En estas operaciones hay que tener en cuenta la desviacion que sufre la luz al atravesar la sustancia del cristal, y cuando no ha sido posible establecer esta compensacion, se suma ó se resta la pequeña des-

viacion que el prisma presentaba cuando vacío, segun que se verificaba en el mismo sentido ó en el opuesto. Los poderes refringentes del aire y de las demas sustancias gaseosas siendo muy pequeños, no alteran los resultados; asi es que la luz pasa del aire á un cuerpo refringente, como si pasase del vacío á dicho cuerpo.

373. En los cuerpos gaseiformes debe emplearse un prisma hueco de cristal de un ángulo muy grande, por que tiene poco poder refringente. Los señores Biot y Arago han demostrado, que la potencia de refraccion de un gas á diferentes presiones, varia proporcionalmente á la densidad; y Dulong aumenta ó disminuye la densidad de los gases, hasta que la desviacion es igual á la del aire á una presion dada. No obstante, el índice de refraccion no puede determinarse de un modo absoluto, por la dispersion del fluido cuando atraviesa el cuerpo diáfano. De estas observaciones se deduce: 1.º la potencia de refraccion de un gas, es proporcional á su densidad; esta ley no se altera por una variacion de temperatura de $8.^\circ 32''$; 2.º la potencia de refraccion de los vapores, está sujeta á esta misma ley; 3.º la potencia de refraccion que corresponde á una mezcla de gases y vapores, es igual á la suma de las potencias de refraccion de los gases y vapores que se mezclaron; 4.º la potencia de refraccion de un gas compuesto, no corresponde á las potencias de sus componentes.

374. Algunas veces un rayo refracto pasa á ser rayo reflejo, y este fenómeno se presenta cuando la luz pasa de un medio mas refringente á otro que lo es menos. Hemos demostrado (357) que en este caso la luz se separa de la normal, y el ángulo de refraccion es mayor que el de incidencia; pero á medida que el seno de incidencia se hace mayor, aumenta el de refraccion hasta que el rayo refracto hace con la normal un ángulo de 90° : entonces, si el rayo incidente adquiere mayor oblicuidad, pasa á ser rayo reflejo, y la refraccion no se presenta. Sea un rayo SC, que

pasa de un medio mas refringente á otro que lo es menos, fig. 150; como se aleja de la perpendicular, forma un ángulo MCP mayor que SCP, siendo por lo tanto $Sx < Mx'$. Mas si el rayo incidente adquiere la direccion $S''C$ entonces se confundirá con la línea AB que separa los dos medios, y dará lugar á un ángulo recto; si en éste el rayo incidente tomase la direccion $S'''C$, ya no se refractaria, sino se reflejaría segun CM' , y con la normal PC formaría un ángulo de incidencia igual al de reflexion. Por consiguiente, el ángulo de incidencia $S''CP$ que ha dado lugar á otro de 90° es el *ángulo limite* (559): este ángulo es diferente para cada cuerpo, y el fenómeno constituye la *reflexion total*.

375. Este fenómeno se presenta en ciertas condiciones y esplica el *espegismo*, que los Sres. Monge y Berthollet observaron en el bajo Egipto. Cuando dos masas de aire tienen temperaturas diferentes, sus densidades son distintas, y en los puntos de contacto presentan una superficie regular y uniforme: durante un dia sereno y tranquilo los rayos de luz que atraviesan la capa de mayor densidad, caen bajo un ángulo muy pequeño, la reflexion se verifica en totalidad y las imágenes se presentan como en un lago. Si la capa de aire superior es la mas dilatada, como sucede en alta mar, las imágenes se ven en el horizonte invertidas. El *espegismo* se obtiene artificialmente calentando una gran chapa de hierro; los rayos luminosos que atraviesan el aire con la inclinacion suficiente, se reflejan al aproximarse á la chapa caliente, y el observador colocado de modo que pueda recibirlos, distingue las imágenes de los objetos exteriores que se han formado por reflexion. La reflexion total resuelve tambien el problema de las diversas imágenes que se notan en los espejos comunes.

LECCION LXV.

Descomposicion y recomposicion de la luz.-Colores complementarios--Diversidad de espectros en la descomposicion.

376. La luz del sol está compuesta de rayos de diferentes colores que gozan de distinto poder refringente, y por lo tanto pueden separarse. Esta separacion se verifica por medio de un prisma trasparente, y los siete colores principales que se distinguen constituyen el *espectro solar*, los colores del *prisma*, del *iris* ó del *arco del cielo*. Por consiguiente, se ve que la luz durante la refraccion, no solo experimenta la *desviacion* que hemos estudiado en las lecciones anteriores, sino que se dispersa y da *nacimiento* á un espectro formado de varios colores. Para demostrar esta verdad, hágase pasar un hacecillo luminoso por la abertura de una ventana, colocando un prisma para que descomponga la luz recibiendo la imagen sobre una pantalla puesta á alguna distancia, fig. 151. Sea $E E'$ un espejo que refleja el hacecillo luminoso SS' que entra por el agujero O , y va á pintar la imagen del sol en xx' de la pantalla PP' . Si cerca de la abertura O se coloca un prisma ABC , el hacecillo luminoso se refractará, y como consta de rayos de diferente poder refringente, se descompone pintando en la pantalla la imagen colorada RV : esta imagen se llama *espectro solar*. El espectro consta de siete colores que se denominan primitivos, dispuestos del modo siguiente: *rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, indigo y violado*.

Todos los espectros obtenidos con prismas incóloros de igual ángulo y colocados en una posicion semejante, pero de diferentes sustancias, tienen los mismos colores; sucediéndose de un modo análogo, aun cuando no ocupan es-

pacios proporcionales. El espectro producido por un prisma de cristal da proporcionalmente una estension mayor al rayo violado y menor al rojo; al paso que un prisma de vidrio comun la mayor estension está en el rayo rojo. Todas las luces artificiales que se han podido obtener por la combustion de diferentes sustancias, presentan un espectro formado de colores análogos á los del espectro solar, aun cuando se nota que estos colores son menos intensos y suele faltar alguno de ellos. Físicamente hablando, se puede decir, que si bien se admiten los siete colores primitivos ya indicados, las tintas intermedias que existen entre los limites de los rayos rojo y violado es infinito; así se vé que en el espectro solar los siete colores pasan por una multitud de tintas intermedias, que se pueden distinguir á la simple vista.

377. La separacion de los siete colores primitivos está sujeta á tres condiciones: 1.^a paralelamente á las aristas del prisma, el diámetro del espectro es igual al diámetro de la imagen directa recibida á la misma distancia; 2.^a perpendicular á las aristas, la longitud RV depende del ángulo refringente del prisma y de la naturaleza de su sustancia; y 3.^a cuando la longitud del espectro es menor que el doble del diámetro de la imagen directa, se vé blanco hácia el centro y colorado en los extremos, y se obtiene perfectamente desenvuelto, así que la longitud es mayor que el doble de aquel diámetro.

378. Algunos han dicho que el espectro solar debía considerarse como el resultado de tres colores primitivos el encarnado, el amarillo y el azul: esta opinion se ha fundado en las mezclas que se obtienen en las artes para conseguir el anaranjado, el verde y el violado. Con efecto, el rayo anaranjado se halla entre el rojo y el amarillo, el verde entre el amarillo y el azul, etc; pero aislando cada uno de los siete rayos coloreados, y haciéndolos pasar por otro prisma no se vuelven á descomponer, mientras que si aisla-

dos dos rayos como el amarillo y el azul se reunen por medio de una lente convergente, obtendremos el rayo verde; mas este rayo se descompone en sus primitivos colores amarillo y azul, si se hace pasar por un prisma. De ahí se deduce, que los siete colores del espectro deben considerarse como simples é inalterables.

379. Una vez descompuesta la luz blanca del sol, se puede volver á componer con la mayor facilidad, haciendo que los rayos adquieren una misma direccion ó que concurren á un punto. Para esta operacion se necesita de un segundo prisma de igual ángulo refringente, y de la misma sustancia que el empleado para la descomposicion, colocándolo en sentido inverso; entonces el hacecillo luminoso que entre los dos prismas presentaba el espectro solar, da un rayo de luz blanca despues de atravesar el segundo. De ahí se infiere que la descomposicion y recomposicion de la luz, depende de la diferente refrangibilidad de los rayos colorados, siendo indiferente la naturaleza de la sustancia del prisma. La distinta refrangibilidad de los rayos que componen la luz, constituye la *dispersion de la luz* cuando atraviesa el prisma; de suerte que reuniendo estos rayos por medio de una lente convexa ó con un espejo cóncavo, se vé en el foco la imágen del sol con su luz natural. De estos esperimentos se deduce, que el blanco resulta de la reunion de los siete colores, y el negro de la falta de ellos; de modo que el blanco y el negro no son colores: así mismo nos demuestra que los matices que revisten la superficie de los cuerpos, no están en ellos sino en la luz, que reflejada ó refractada nos dá el blanco en unos casos, y los demás colores segun la manera con que uno de ellos impresionaria aquella superficie.

380. Se ha demostrado, que el conjunto de los siete rayos del espectro produce la luz blanca; es evidente que si en esta recomposicion hace falta alguno de los siete colores elementales, el fenómeno no se presenta. Asi se nota,

que cuando se aísla el rayo rojo y se compone la luz con los seis restantes, se obtiene un matiz azulado, que da el hacillo blanco así que se combina con el rojo. De ahí nacen los *colores complementarios*, que son todos aquellos que unidos con otros producen la luz blanca: todo matiz tiene su color complementario, por que no se conoce color alguno que unido con otro no presente la imagen de la luz solar. Newton para hallar el color complementario aconseja dividir una circunferencia de círculo, fig. 152, en siete partes correspondientes á los siete colores del espectro, determina luego el centro de gravedad de cada una de las divisiones, y prolonga el rayo *cK* hasta la circunferencia, y el arco cortado por la línea señala el color del tinte.

381. Se llaman *imágenes accidentales*, á las impresiones que se notan en la vista, cuando durante mucho tiempo se ha mirado con atencion un objeto iluminado colocado sobre un fondo negro, y en seguida se dirige la vista sobre una superficie blanca. Entonces se ve que la imagen accidental de un objeto rojo es verde, y la de una superficie amarilla es azul. La imagen accidental dura tanto mas tiempo impresionando, cuanto mas prolongada ha sido la atencion con que se observó el matiz. En esta clase de fenómenos se ha notado, que así que desaparecen, lo verifican por variaciones periódicas de intensidad, y algunas veces se ve reaparecer la impresion primitiva. Los colores accidentales se combinan entre sí, como si fueran colores reales; pero si los dos colores primitivos son complementarios, los tintes accidentales forman por superposicion el negro. Los colores accidentales se combinan con los colores reales; pero cuando la imagen accidental se mezcla con otra complementaria, el objeto que se consigue tiene un tinte gris mas ó menos subido. Algunas veces se observa mas allá del espacio que ocupa la aureola accidental del color complementario al del objeto, un debil matiz que recuerda el tinte que tiene dicho objeto. Del estudio de estos fenó-

menos ha deducido M. Chevreul la ley sobre el *contraste simultáneo de los colores*, etc.

382. La descomposicion de la luz produce rayos coloreados, rayos luminosos y rayos químicos; de modo que se consiguen tres espectros diferentes: el primero comunica á los cuerpos el color que tienen segun el rayo que los impresiona; el segundo los ilumina, y el tercero sirve para las reacciones moleculares. Algunos han pretendido que existia un espectro magnético; pero esta presuncion no se ha demostrado: otros aseguran que la virtud de ciertas sustancias como el diamante y el espato de Islandia, de lucir en la oscuridad despues de haber permanecido algun tiempo á la accion del sol, es debido á un estado eléctrico particular: esta idea necesita tambien demostrarse.

LECCION LXVI.

Acromatismo presentado experimentalmente.--Aplicaciones.--Arco iris.

383. El *acromatismo* es la propiedad que adquiere la luz cuando atraviesa sustancias de diferente naturaleza y espesor dispuestas de un modo conveniente, de desviarse sin dispersarse ni descomponerse. Newton negaba la posibilidad de este fenómeno; pero Dolload probó que la luz no sedescomponia al atravesar dos prismas de cristal colocado en sentido inverso, uno hueco y lleno de un liquido cualquiera capaz de desviar el ángulo refringente, y otro macizo y fijo. El acromatismo no puede conseguirse completamente, por la aberracion de refrangibilidad. Los prácticos solo acromatizan dos rayos, y dan la preferencia al verde y anaranjado, ó bien á los rojos y amarillos: no obstante, con tres lentes se hace que coincide al foco un tercer rayo colorado, y M. Amici ha construido lentes compuestas de siete vidrios diferentes, con los que ha acro-

matizado los siete colores del espectro, y los ha reunido en un solo punto. Por consiguiente las lentes acromáticas serán aquellas que reúnen los focos de los rayos del espectro en un punto. Para construir estas lentes, es necesario reunir varias de ellas dotadas de diverso poder dispersivo, á fin de conseguir el objeto propuesto. En la práctica se usan lentes de flint-glass y de crown-glass, y solo se emplean dos ó tres; los prismas pueden acromatizarse.

384. El estudio del acromatismo ha dado á conocer, que el espectro comun desenvuelto con un prisma de los que se usan ordinariamente presenta imperfecciones, que oscurecen y ponen en duda las leyes de Newton. Ya Wollaston habia indicado que en el espectro solar se presentaban una multitud de rayas oscuras; pero su descubrimiento apenas llamó la atencion de los fisicos, y quedó sepultado en el olvido. Fraünhofer ignorando lo que aquel fisico habia dicho acerca de las rayas del espectro, ha presentado un estudio completo, inventando un aparato y desenvolviendo la cuestion bajo todas sus faces. Este fisico ha reconocido en el espectro hasta 600 rayas mas ó menos negras, colocadas á diferentes distancias: estas rayas son siempre las mismas cualquiera que sea la sustancia del prisma, y solo cambian las distancias respectivas que las separan; de suerte que la luz de los planetas da las mismas rayas que la luz solar, y solo se nota alguna variacion con la luz de las estrellas de primer orden. La luz de la combustion nos dá un espectro, donde los colores primitivos tienen poca intensidad, y la luz eléctrica presenta rayas blancas muy brillantes. El acromatismo es de la mayor importancia para construir los instrumentos de óptica, porque de otro modo las imágenes aparecen con una aureola coloreada llamada *aberracion de refrangibilidad*, que imposibilitaria la exactitud de las observaciones: por esta razon se emplean para los instrumentos de óptica lentes acromáticas.

385. La luz se descompone tambien por absorcion. Esta descomposicion se verifica haciendo atravesar un haz luminoso por distintos medios de color variable. El poder absorbente crece progresivamente en los medios rojos y escarlata, y con lentitud en los anaranjados, amarillos y pardos. La descomposicion por absorcion induce á creer, que el espectro solar resulta de la superposicion de tres espectros diferentes, el rojo, el amarillo y el azul, y que el color que se nota en cada punto del espectro múltiplo, depende de las proporciones relativas á los tres colores elementales unidos por la comun refrangibilidad. Esta opinion presentada por M. Brewster admite solamente tres colores primitivos, á saber el rojo, el amarillo y el azul (378).

386. El *arco iris* proviene de la descomposicion de la luz que atraviesa las particulas de agua de una nube que se resuelve en lluvia. Para que la descomposicion de la luz tenga lugar y el arco iris se presente bien desenvuelto, es necesario que la nube se halle en el lugar opuesto al que se encuentra el sol, que éste no tenga una gran altura sobre el horizonte y que ademas esté tapado por las nubes: con estas condiciones, y colocándose el observador de espaldas al sol, se distingue perfectamente el arco iris. Las gotitas de agua al formarse en la nube, adquieren una figura esférica, por que todas sus partes obedecen á la accion de la pensatez y á la atraccion molecular. El rayo luminoso sufre reflexiones y refracciones sucesivas, que descomponen la luz, y cada gota produce un espectro completo; la reunion de los filetes que provienen de cada gota, da origen al espectro total, que contempla el espectador.

Para explicar como se verifica este fenómeno, supongamos que OxR , fig. 153, representa una gota de agua; sea SO un rayo luminoso que penetra en el espesor de la gota, y como pasa de un medio refringente á otro que lo es mas se refracta en la direccion Ox . Llegado al punto x una par-

de la luz se pierde para el observador, y otra experimenta la refraccion total para salir por el punto R; aquí por igual razon que la anterior, una parte de luz se pierde y la otra se refracta en la direccion RS', y viene á herir el órgano de la vision del observador. Casi siempre se observan dos arcos diferentes que representan los colores del espectro en sentido invertido: el arco interior tiene los colores mas intensos, presentando el rayo rojo en la parte superior y el violado en la inferior, y el arco exterior tiene el rayo violado en la parte superior y el rojo en la inferior. Es posible ver tres y aun cuatro arcos, pero la intensidad de los colores va disminuyendo progresivamente. La magnitud del arco iris depende de la altura del sol sobre el horizonte; cuando este astro se halla cerca de dicho horizonte, el arco es casi un semi-círculo completo, y si la elevacion es de 40° el arco interior no existe. Para que el observador pudiese ver un círculo completo, seria necesario que se colocara en la cumbre de una montaña, que el sol estuviese en el horizonte ó debajo de él, y la nube que se resuelve próxima al que observa.

LECCION LXVII.

Ideas generales acerca de la doble refraccion de la luz.

387. Las leyes de la refraccion simple (357, 358 y 362) sufren grandes alteraciones, segun la figura geométrica que tiene el cuerpo trasparente, y la naturaleza de su sustancia. El espato de Islandia, carbonato cálcico cristalizado, el cristal de roca, etc. están dotados de la doble refraccion, por cuya razon se llaman cuerpos *bi-refringentes*; pero el hacecillo luminoso al atravesar estas sustancias, presenta en unas el rayo incidente normal que sigue la seccion del cristal, y se denomina *eje de doble refraccion*, y

en otros cuerpos este rayo se divide en dos: los cristales que dan un eje llevan el nombre de *cristales de un solo eje*, y los que dan dos rayos *cristales de dos ejes*. El eje de figura depende de la forma geométrica del sólido: en el romboide, el eje es la línea que une los dos ángulos sólidos obtusos. Hablando en general, los ejes del cristal son aquellas líneas que pasan por el centro, y al rededor de las cuales están dispuestas las facetas de un modo simétrico. Algunas veces los cristales presentan varios sistemas de ejes, que se determinan por medios geométricos. Toda recta paralela al eje puede considerarse, respecto al estudio de la luz, como el mismo eje: se llama seccion principal de un cristal, á un plano paralelo á su eje y perpendicular á la cara por donde ha penetrado la luz.

388. Cuando se mira al traves de un cristal romboide de espato de Islandia, se distinguen dos imágenes de un mismo objeto. Una de ellas es fija y la otra gira al rededor de la primera, cuando el cristal da vueltas sobre la vertical. Del mismo modo si se hace pasar por un romboide de espato un hacecillo luminoso introducido por un agujero hecho en el postigo de una ventana, se distinguen dos imágenes de la luz: estos dos rayos emergentes están en la cara opuesta del cristal de aquella por donde penetró la luz incidente. Uno de estos rayos se refracta sobre el plano de incidencia segun las leyes de Descartes (357), y el otro separándose de ellas exige una explicacion mas complicada: el primero se llama *rayo ordinario*, y el segundo *rayo extraordinario*. Sin embargo, si la luz atraviesa el cristal en la direccion paralela al eje, no se presentan las dos imágenes de la refraccion doble.

La doble refraccion con cristales de un eje, puede ser *atractiva y repulsiva*; en la primera, el rayo extraordinario se acerca mas de dicha paralela al eje trazado por el punto de incidencia, que no el rayo ordinario. La doble refraccion atractiva se puede observar en el cristal

de roca, y la repulsiva en el espato. La doble refraccion se manifiesta en todos los cristales trasparentes, siempre que la forma primitiva no sea el cubo, el octaedro regular, ni el dodecaedro romboidal. El cuarzo, el zircon, la boracita, etc. son cristales bi-refringentes con un eje, donde el rayo estraordinario se acerca al eje del cristal; por esta razon se llaman *atractivos ó positivos*. El carbonato de cal, el de cal y magnesia, el de cal y de hierro, la turmalina, el corindon, etc. son sustancias bi-refringentes *negativas*, ó que repelen el rayo estraordinario que tiende á separarse del eje del cristal. El sulfato de niquel, el carbonato de estronciana, el de barita, el nitrato de potasa, la mica, el talco, la perla, etc. son cristales de dos ejes.

Rochon ha aplicado la doble refraccion para medir la distancia de los objetos, cuando se conoce la magnitud, ó bien apreciar la magnitud cuando se sabe la distancia: su instrumento se llama *micrómetro*. Segun Fresnel todo cristal bi-refringente contiene el fluido etéreo esparcido entre sus particulas con uniformidad; pero su elasticidad varia segun el punto que se examina. En este caso una molécula del éter se halla separada de su posicion de equilibrio en una direccion cualquiera, las inmediatas se mueven en virtud de aquel impulso, su movimiento se comunica á las siguientes y de este modo la accion se trasmite de trecho en trecho. Si la fuerza elástica puesta en accion tiene una direccion constante é invariable, se conserva el primer impulso comunicado al centro de vibracion; pero si la onda luminosa es normal á uno de los ejes de elasticidad, y polarizada segun un plano perpendicular á uno de estos ejes, entonces se descompone en dos sistemas de ondas polarizadas bajo un ángulo recto, que se propagan con velocidades diferentes siguiendo una misma direccion.

389. La luz puede reflejarse ó refractarse dando la preferencia á un ángulo marcado lo que constituye la *polarizacion*: la luz se polariza por reflexion y por doble refraccion. La luz

cuando atraviesa las sustancias bi-refringentes, adquiere diferentes propiedades de la luz natural: para probar esta verdad, basta observar que si un rayo de luz incidente atraviesa un cristal bi-refringente, cuyas dos caras sean paralelas, los dos rayos refractados tienen igual intensidad; pero si los rayos emergentes se reciben sobre otro cristal de igual naturaleza y figura, colocado paralelamente al primero, entonces cada uno se bifurca en otros dos, y se consiguen cuatro rayos emergentes en el segundo cristal: las intensidades de estos rayos son diferentes. Otro tanto sucede cuando se mira un objeto al través del sistema de dos cristales; pero se notan alteraciones particulares, si uno de ellos está fijo, y el otro gira sobre el eje segun la posicion de las respectivas secciones principales.

La luz puede adquirir nuevas propiedades, cuando se refleja bajo un ángulo dado. Si se hace caer un rayo luminoso sobre un cristal, cuya superficie opuesta á la de reflexion esté ennegrecida, bajo un ángulo de $35^{\circ} 25'$, la luz reflejada presenta en el espato de Islandia iguales fenómenos, que si la refractara un cristal con la seccion principal paralela al plano de reflexion: por esta propiedad se la llamó *luz polarizada*, por que segun el sistema de la emision se supuso, que cada molécula luminosa estaba provista de dos polos análogos á los polos del imán, y al reflejarse segun el ángulo espresado, dichas moléculas luminosas adquirian aquella posicion, y la línea que unia los dos polos era en cada una paralela al plano de reflexion. De ahí resultó el nombre de *plano de polarizacion*, que se da al plano que comunica á la luz estas propiedades. Cuando se hace reflejar un rayo luminoso por un cristal, bajo un ángulo de $35^{\circ} 25'$, y la luz reflejada se recibe en un segundo cristal haciendo un ángulo del mismo valor, se vé que girando el último cristal al rededor del rayo polarizado sin alterar el valor del ángulo, la intensidad de la luz reflejada varia á cada instante, y llega á su máximo

cuando el segundo plano de reflexion es paralelo al primero; pero apenas uno de los dos planos es perpendicular al otro, toda la luz polarizada se sumerge en el segundo cristal, y la segunda reflexion es del todo nula.

390. La luz se polariza por refraccion, siempre que cae bajo el ángulo de polarizacion sobre un cristal de caras paralelas. En la luz polarizada por refraccion, se observan propiedades opuestas á la polarizacion por reflexion. Con efecto, la intensidad máxima en la reflexion se halla cuando el plano de reflexion del segundo cristal es paralelo, y mínima siempre que es perpendicular: en la refraccion sucede lo contrario; la intensidad mínima de la parte reflejada se halla cuando el segundo vidrio es paralelo, y máxima así que es perpendicular. Nada mas fácil que obtener una polarizacion completa, haciendo que el hacecillo atraviase una serie de láminas de cristal bajo el ángulo de polarizacion. En el primer vidrio una porcion del hacecillo incidente se refleja polarizado segun un plano perpendicular al primero, y una parte de la luz natural se refracta: en la superficie de la segunda lámina de vidrio, toda la luz polarizada transmitida se refracta, y la luz natural se divide en luz reflejada y luz polarizada segun el plano de incidencia; en luz refractada y luz polarizada en sentido perpendicular, y ademas en luz refractada al estado natural. Siguiendo de este modo, va disminuyendo la luz natural, al paso que aumenta la polarizada, hasta que se consigue la polarizacion completa. Algunas sustancias cristalizadas, entre las que figura la turmalina, tienen la propiedad de presentar el fenómeno de la polarizacion completa por refraccion; por cuya causa se cree que están compuestas de una serie de láminas sobrepuestas y poco adherentes entre sí.

391. Cuando un hacecillo de luz blanca emergente y polarizada, atraviesa perpendicularmente una lámina de cal carbonatada cortada en sentido perpendicular al eje, y

de unos 80 milímetros de espesor, el rayo emergente observado con una turmalina ó con un prisma de Nicol, presenta una série de *anillos colorados* concéntricos. Sucede que la seccion principal es paralela al plano primitivo de polarizacion, y la serie de anillos se ve cortada por una cruz negra, con una de las aspas paralela al plano: mas si por el contrario la seccion principal es perpendicular al plano primitivo de polarizacion, la cruz negra es remplazada por otra blanca, y cada punto de la nueva imagen, presenta un color complementario del que tenia en la primera posicion. Los diámetros de los anillos aumentan á medida que disminuye el espesor de la lámina. Herschel ha notado, que en los cristales de dos ejes tallados en sentido perpendicular ó paralelo á la línea media, las curvas del mismo color pertenecen á las llamadas *lemnísticas*; pero él las conoce con el nombre de *isocromáticas*.

LECCION LXVIII.

De la vision.-Descripcion del ojo humano.-Aplicacion de las lentes para los miopes y présbitas.

392. El ojo se halla alojado en su órbita correspondiente, provisto de una eminencia esterna llamada ceja, de una especie de velo movable formado por los párpados superior é inferior, y de dos ó tres filas de pelos cortos, duros y tiesos que se llaman pestañas; consta ademas de membranas y humores que se designan con el nombre de lentes. Su forma es la de dos segmentos esféricos de diferente radio, de los que el mayor contiene las cuatro quintas partes posteriores del globo ocular, y el menor formado por la otra quinta parte restante constituye la porcion prominente: los ejes de los dos globos oculares son paralelos entre sí. La figura regular del ojo humano, fig. 154, está sostenida en sus límites esferoidales por una membrana fi-

brosa AEDFB, dura y opaca, muy gruesa, de color anacarado llamada *esclerótica* ó *córnea*. Esta se divide en *opaca* y *trasparente*: se dice trasparente á la porcion AB, que ocupa la quinta parte anterior del globo del ojo, y está unida á la abertura mayor de la esclerótica opaca; y se llama córnea opaca á la porcion que forma el blanco del ojo y la parte posterior, la cual consta de las cuatro quintas partes. Tiene la esclerótica ó córnea opaca dos aberturas; una *posterior* estrecha y redondeada que da paso al nervio óptico, y otra *anterior* y circular de unas seis líneas de diámetro, cortada oblicuamente en su cara interna para recibir la córnea trasparente.

Separa la cámara anterior de la posterior del ojo, una membrana circular situada verticalmente en medio del humor *ácueo* llamada *iris*. En el centro del iris hay una abertura denominada *pupila*, que tiene la cara posterior teñida de negro, y la anterior de negro, pardo ó azul segun los individuos. Tiene ademas la *coroidea*, que reviste la cara interna de la esclerótica, y la *retina*. La retina es una membrana blanda de color de ópalo, trasparente, estendida desde el nervio óptico al cristalino, y se considera como una expansion de dicho nervio.

Los humores del ojo son tres; el *ácueo*, el *cristalino* y el *vitreo*. Detras del iris está situado el cristalino *m n* de figura lenticular, encerrado en una membrana llamada *cápsula del cristalino*, que se une á la córnea por todos los puntos de su contorno. Esta cápsula divide el ojo en dos cámaras por medio de un tabique: en la primera se halla el *humor ácueo* y en la segunda el *vitreo*, los que están contenidos en receptáculos especiales. Ademas se nota entre la coroidea y la retina la *membrana de Jacob*, vasos y nervios de los que el llamado *nervio óptico* es el principal y á él se debe el sentido de la vista.

593. El fenómeno de la vista puede considerarse como el resultado de las leyes de la refraccion, y la marcha

de los rayos de luz se verifica segun estas leyes: las imágenes se ven á grandes distancias con toda limpieza, y no tienen ninguna aureola coloreada que las rodee. Parece segun eso, que el ojo debe ser acromático para impedir la formacion de la aureola y acomodarse á las distancias; atendida la estructura particular de las lentes. M. Pouillet asegura que el cristalino está compuesto de capas concéntricas desiguales en curvatura y espesor, y le considera como una lente de un número infinito de focos. Cuando un hacecillo luminoso sale de un punto situado sobre el eje óptico, atraviesa la córnea trasparente para penetrar en el humor áqueo, y disminuye su divergencia para refractarse; una parte de esta luz cae sobre el iris, se refleja irregularmente y envia al exterior el color propio de esta membrana, y la otra atravesando la pupila llega á la superficie anterior del cristalino, donde sufre una segunda refraccion; sale del cristalino, pasa por el vítreo cuya divergencia es menor, y la imagen real se pinta en un foco situado sobre la retina. De suerte que la sensacion de la vista se debe á la impresion que la luz produce sobre la retina: la imagen en ella se pinta invertida. El tamaño y la distancia de los objetos se aprecia por el hábito en la comparacion, por esto decimos que están muy distantes cuando se presentan con un ángulo visual muy pequeño.

394. M. Wollaston opina, que la unidad de los objetos vistos con los dos ojos depende de un efecto fisiológico. Algunos fisicos creen que debe atribuirse al hábito adquirido desde los primeros momentos de sentir la impresion de la luz y fijar sobre un objeto el aparato de la vision. Sin embargo, Wollaston supone que cada fibra de los nervios ópticos, simples en su origen se bifurca, de modo, que las partes derechas de las dos retinas pertenecen á las ramificaciones de las mismas fibras, y las partes izquierdas tienen la misma dependencia.

395. La imagen invertida que durante la vision se

forma en la retina, es la causa de la sensacion de la luz. La modificacion que en virtud de aquella imagen sufre la retina, se trasmite al cérebro por el nervio óptico y en este órgano se verifica la sensacion; la cual parece ser instantánea. No obstante la esperiencia demuestra que tiene lugar durante un espacio de tiempo apreciable. La sensibilidad de la retina no es igual en toda su estension, y Mariotte probó que hácia el origen del nervio óptico hay un punto insensible que llamó *puncto cæcum*.

M. D' Arcy cree, que la impresion de la luz es igual al tiempo que dura la revolucion de un cuerpo luminoso que gira al extremo de un hilo hasta formar un anillo; pero M. Aimé con dos círculos de cartos montados sobre un mismo eje, los que mueve en sentido contrario y con distintas velocidades, teniendo uno de ellos muchos agujeros iguales y el otro un solo orificio, ha averiguado el valor aproximado del tiempo que dura la sensacion. M. Plateau usando de otros medios, ha establecido los principios que siguen: 1.º la duracion total de las impresiones en la retina, es sensiblemente igual para los diferentes colores, y se puede apreciar de un modo aproximado en 0''34: 2.º que á fin de que esta impresion sea completa, se necesita un tiempo apreciable; 3.º que cuando mas débil es la impresion, tanto mayor, es el tiempo que conserva la misma intensidad; 4.º que este tiempo no llega á 0'',008 para un papel iluminado por la luz de un dia claro; que es algo mayor cuando el papel tiene el color encarnado, y mas intensa para el azul; 5.º que la duracion total se sostiene mas cuando mas fuerte ha sido la impresion, y que es mas grande si el objeto se ha mirado durante un menor espacio de tiempo; pero el suficiente para desenvolver la impresion completa; 6.º en fin, que cuando el objeto es muy voluminoso, y si despues de haberlo mirado por algun tiempo se tapan los ojos, la impresion desaparece y reaparece muchas veces con colores complementarios.

396. En el aparato de la vista se notan varios estados anormales que modifican el acto de la vision. Los *présbitas* tienen la vista larga y el foco del ojo se halla situado mas allá de la retina; la parte anterior del ojo está muy aplana-da, por cuya razon ven confusamente los objetos próximos. Para corregir esta falta se valen de lentes convergentes, á fin de colocar la imagen sobre la retina. Los *miopes* tienen la vista corta, y el foco del ojo se halla antes de la retina; la parte anterior está saliente, tiene demasiada curvatura, ven los objetos muy próximos, y corrigen este defecto con lentes cóncavas, que separando los rayos luminosos, compensan la excesiva divergencia que produce el aparato de la vision.

LECCION LXIX.

Instrumentos de óptica.-Cámara oscura.-Daguerreotipo.-Cámara lúcida.

397. Se llaman *instrumentos de óptica* todos aquellos que sirven para estudiar los fenómenos del fluido luminoso.

La *cámara oscura* es un instrumento donde la imagen real se reproduce sobre un plano, el cual la presenta invertida y de dimensiones mas ó menos reducidas. Su construcción está fundada en un fenómeno bastante vulgar: si se hace pasar en un aposento oscuro un hacedillo de luz por un agujero practicado en el postigo de la ventana, se vé que el rayo luminoso atraviesa el espacio libre, y manifiesta una imagen circular cualquiera que sea la figura del orificio. Los objetos que se hallan fuera de él, se representan en la pared, pero en sentido invertido; siendo de notar, que los que están con movimiento aparecen moviéndose, y los inmóviles conservan su respectiva posicion. Las imágenes pintadas sobre un mismo plano son tanto menores, cuanta mayor es la distancia de los objetos al orificio.

En general, la cámara oscura consta de un cristal convergente, situado sobre las caras de una caja rectangular completamente oscura y pintada de negro, en frente del que se halla el plano sobre que se representa el objeto: este plano suele ser un vidrio deslustrado ó amolado. Las disposiciones que mas frecuentemente se dan á la cámara oscura, son las siguientes: 1.ª la que representa la fig. 155, que se usa para el dibujo de paisaje y perspectiva: AB es un espejo sobre que se reflejan los rayos antes de atravesar la lente x , y que puede tomar distinta inclinacion por medio de la varilla m ; OPQR es una caja de madera pintada de negro en el interior, en cuyo fondo QR se representa la imagen en un carton dispuesto al intento, y por una puerta zz' el operador introduce su cuerpo para seguir el contorno de dicha imagen. Una cortina que cubre todo el cuerpo del que dibuja, evita que la luz entre por esta puerta. En la segunda disposicion, fig. 156, los rayos despues de haber atravesado la lente x , se reflejan sobre el espejo AB, y la imagen viene á pintarse en el vidrio deslustrado zz' . En estos aparatos, como las distancias focales de todos los rayos que atraviesan oblicuamente la lente son tanto menores, cuanto vienen mas oblicuos, resulta que el vidrio ó pantalla no está en el foco de todos los sistemas de rayos, por cuya razon cuando la imagen está muy limpia en el centro, sus bordes se hallan oscuros, y si estos se ven claros el centro presenta oscuridad..

598. Hacia 1839 los señores Niepce y Daguerre despues de una série de trabajos de la mayor importancia, consiguieron fijar las imágenes de la cámara oscura sobre una placa de cobre cubierta de plata y preparada al intento. La cámara oscura es rectangular, y la imagen lejos de presentarse en el espejo viene á impresionar la placa metálica. Segun Daguerre, parece que la concurrencia de los dos metales es una circunstancia necesaria para el buen éxito de la operacion. El objetivo debe ser acromático y

privado de lo que hemos llamado aberracion de esferoidad; el mejor objetivo que se ha usado para este objeto, se ha conseguido con dos lentes acromáticos, por cuyo medio disminuye la distancia focal, y las imágenes se presentan mas iluminadas.

Ante todo debe pulimentarse la placa frotándola con algodón y tripoli, luego con polvo de piedra pomez y últimamente con el rojo inglés. Toda vez que se obtenga un pulimento perfecto, se coloca la placa en un marco apropiado y se espone á la accion de los vapores de iodo, hasta que adquiera un tinte rojizo. En este instante se cierra el marco para evitar la influencia de la luz sobre el ioduro de plata que se ha formado en la superficie, y desde luego puede usarse para fijar en ella alguna imagen. La capa de ioduro puede hacerse mas sensible, esponiéndola durante 30 ó 50 segundos á la accion de los vapores del bromo: para ello se dispone en una taza de porcelana seis ú ocho partes en volúmen de agua destilada y una de bromo. El cloruro ó el bromuro de iodo sirven tambien para este objeto.

Arreglada la cámara oscura de modo que la imagen que se pretende fijar, se represente en el cristal deslustrado, se separa este y en su lugar se coloca el marco quitando en seguida la corredera que interceptaba la luz. La imagen que antes se pintaba sobre el cristal deslustrado viene á impresionar la capa de la placa metálica, y despues de un tiempo mas ó menos grande, se tapa nuevamente por medio de la corredera. El tiempo necesario para verificar la reaccion, depende de la naturaleza del objeto; así es, que unas veces bastan uno ó seis segundos, y otras son necesarios algunos minutos.

En este estado la placa examinada á la simple vista no presenta fenómeno alguno; pero espuesta en una caja conveniente bajo un ángulo de 45° , á la accion de los vapores mercuriales, se presenta la imagen; para lo que está pro-

vista de un cristal que permita observarla con toda libertad. Luego se introduce en una disolucion de hypo-sulfito de sosa, á la que se añade cierta cantidad de alcohol. En el dia esta disolucion se prepara con el hypo-súfito de sosa y el clorido de oro. El daguerreotipo ha hecho notables progresos por los descubrimientos de los señores Fiseau, Martens, Lerebour, Chevalier, etc. M. Talbot y otros físicos han preparado papeles fotogénicos, entre los que el de M. Blanguat-Evrard es el mas notable por la limpieza de las imágenes.

399. La *cámara clara ó lúcida* sirve para dibujar siguiendo con lapiz los contornos de la imagen que se pinta sobre un plano horizontal: este ingenioso instrumento se debe á Wollaston. Para conseguir una cámara lúcida, basta un prisma de vidrio ABCD, fig. 157, cuyo ángulo en A sea de 90° , y el ángulo en C de 130° . Los rayos que entran perpendicularmente á una de las caras, sufren una reflexion total para dirigirse á la cara CD, donde por una tercera reflexion tambien total salen del prisma por la cara AD; de suerte que el observador colocado en O, verá el punto E en la prolongacion OP. La mitad de la pupila recibe los rayos reflejados del prisma, y la otra mitad los rayos emanados del papel colocado por debajo; de manera que la imagen de los objetos exteriores viene á proyectarse sobre el papel, notando al propio tiempo la punta del lapiz que recorre los contornos. Los señores Amici y Chevalier han perfeccionado la cámara lúcida de Wollaston.

LECCION LXX.

Microscópios.-Anteojo astronómico-idem terrestre.-Telescópios.

400. Los *microscópios* son unos instrumentos que se emplean para ver los objetos amplificados: los hay que son *simples*, y otros mas complicados se llaman *compuestos*.

Los microscópios simples constan de un cristal convergente de un foco muy corto, montado en un aro de metal ó de madera, por cuyo medio el observador separa ó aproxima el objeto para colocarle en el foco principal; muchas veces este objeto viene á situarse á una distancia menor de dicho foco. Es de grande importancia que el cuerpo donde está montado la lente sea opaco, á fin de interceptar los rayos que vienen muy oblicuos, en cuyo caso solo pasan los rayos pequeños.

Los objetos de dimensiones reducidas solo se ven con limpieza cuando se colocan á una distancia del ojo igual á la de la vision distinta; pero acercándolos á la vista se consigue verlos perfectamente, y aumenta el diámetro aparente, el que se hace mayor á medida que disminuye la distancia al ojo; de donde resulta, que la cantidad de luz que envían á la pupila, aumenta en la misma relacion que se amplifican las imágenes. Este método de conseguir las imágenes amplificadas es muy incómodo para el observador, y se sustituye con una lente convergente que se coloca entre el objeto y la vista, de modo, que aquel esté delante de la lente de una distancia algo menor que la focal principal; entonces los rayos que la atraviesan se hacen menos divergentes, y la lente puede colocarse en disposicion de que los rayos emergentes prolongados constituyen sus focos á la distancia de la vista distinta: de este modo el objeto se verá á cierta distancia bajo un diámetro aparente tanto mayor, cuanto mas próximo estará del ojo. El aumento de una misma lente no es igual para todos los sujetos: en los présbitas es menor que en los miopes. Tambien se consiguen lentes de un foco muy corto, con una gota de agua puesta sobre un vídrio ó en un pequeño agujero abierto en una lámina metálica. Los efectos de las lentes se obtienen tambien, colocando delante del ojo un naípe ú otro cuerpo opaco donde se ha practicado un pequeño agujero con la punta de un alfiler.

401. Se conocen varias clases de anteojos; las principales son, *el astronómico, el de Galileo y el terrestre* llamado anteojo de larga vista. Para un anteojo son indispensables dos lentes, una objetiva y otra ocular: la objetiva debe ser acromática, porque en su foco es donde van á pintarse las imágenes en sentido invertido; por lo tanto se compone á lo menos de dos sustancias de diverso poder dispersivo, una convergente y otra divergente. Estas dos lentes están unidas en los anteojos ordinarios, y en los llamados *dialíticos* tienen entre sí un pequeño espacio: el ocular consiste en una ó mas lentes divergentes.

El anteojo astronómico es el mas sencillo de todos, porque solo consta de dos lentes, fig. 135, una ocular A que es aquella por donde se mira, y la otra objetiva B de mayores dimensiones y colocada hacia el objeto que se mira: las imágenes se ven invertidas. Cuando los objetos se hallan muy distantes, la imagen xz se presenta sensiblemente en el foco principal del objetivo, lo que dá los ángulos visuales de la imagen y del objeto xBz y xAz . En estos anteojos el objetivo debe ser acromático, y en algunos casos tambien se acromatiza el ocular.

El anteojo terrestre ó de larga vista, consta de cuatro lentes á fin de ver la imagen en su posicion natural: en ellos se evita la aberracion de refrangibilidad usando de lentes acromáticas, y la aberracion de esfericidad colocando en el interior del tubo varios anillos ennegrecidos para que solo dejen pasar los rayos centrales, interceptando los que vienen muy oblicuos; el interior del tubo está pintado de negro y sin brillo. El aumento depende de los focos formados con cinco cristales, y de la distancia que los separa: de modo que haciendo que los dos últimos oculares estén fijos, y variando la posicion de los demás dentro de ciertos limites, se consigue que varíe la magnitud de los objetos. M. Canchoix ha llegado á establecer este movimiento en unos anteojos que designa con el nombre de *po-*

liadas, con los que el aumento varia de 20 á 40, ó de 30 á 50. El anteojo de Galileo consta de un objetivo y de un ocular; el primero es vi-convexo y el segundo bi-cóncavo: los objetos se ven en su posicion directa, abraza poco campo y su uso se limita al teatro por la poca pérdida de luz que experimenta.

402. *El microscópio compuesto*, fig. 159, consta de una lente A de un foco muy corto, delante de la que se coloca el objeto que se desea examinar, y de un ocular B. El cuerpo *c o* puesto á una distancia mayor que la focal principal *A a*, viene á representar detrás de la lente una imágen invertida y amplificada, que se observa en *c' o'*; pero si el ocular se coloca de modo, que su distancia á la imagen sea un poco menor que la focal principal de la lente, entonces se vé la imágen mucho mas amplificada en *c'' o''*; los contornos de ella son tanto mas confusos cuanto mas grande es el instrumento. El *microscópio solar* es una especie de megáscopo, donde el objeto es trasparente y muy pequeño. Consta de tres lentes convergentes; dos sirven para concentrar la luz é iluminar el objeto, y la tercera se destina á amplificar la imagen. Un espejo que adquiere diferentes posiciones por medio de dos tornillos, refleja la luz solar sobre la primera lente; los rayos del haz luminoso siendo mas convergentes, pasan á la segunda lente para concentrarlos sobre el objeto que está en el foco principal, y con el objetivo la imágen se presenta amplificada sobre un plano blanco colocado á una distancia conveniente. El *megáscopo* inventado por Charles, sirve para obtener las imágenes de un cuadro ó relieve amplificados ó disminuidas segun se dispone el aparato. La *linterna mágica* viene á ser un megáscopo portatil, donde los objetos transparentes se iluminan con luz artificial.

403. Los *telescopios* son unos instrumentos destinados á observaciones astronómicas: se conocen el de Hers-

chel, el de Newton, el de Gregori, el de Cassegrain y el de Fraünhofer. El telescopio de Herschel consiste en un tubo, fig. 160, en cuyo fondo se halla un espejo metálico E de figura esférica y cóncavo. Los rayos que vienen de los objetos exteriores, forman delante del espejo una imagen $m'n'$, que se mira con un lente ó con un ocular acromático. En este caso el observador intercepta una parte de los rayos incidentes; pero cuando se inclina el eje del espejo sobre el del tubo, la imagen se desvia hasta que se la puede observar sin aquella interceptacion de los rayos incidentes. En este telescopio el aumento es igual á la relacion de la distancia focal principal del espejo á la del ocular. Supongamos que los rayos no se han desviado de su direccion, lo que no altera la magnitud de la imagen, y sea a el centro del espejo, fig. 161, a' el del ocular y mn la imagen formada en el espejo; claro está que el objeto observado á la simple vista, se verá bajo los ángulos man y $ma'n$, y las tangentes de estos ángulos estarán en la relacion de las distancias xa' y xa , que son sensiblemente las distancias principales del ocular y del espejo.

El telescopio de Newton, fig. 162, consta de un tubo que concluye por un espejo cóncavo metálico E, y otro espejo plano P inclinado de 45° , que refleja los rayos que el objeto O envia al espejo metálico, para dirigirlos al ocular x situado paralelamente al tubo. En este telescopio la amplificacion es la misma, aun cuando se suprima el espejo P; de suerte que la imagen mn puede verse directamente con el ocular como si estuviese situada en A, y su aumento será la relacion entre la distancia focal del espejo y la del ocular. Newton substituyó al espejo plano un prisma triangular para evitar la pérdida de luz que provenia de la reflexion; pero de todos modos, esta pérdida es de entidad, y el instrumento sumamente incómodo.

M. Gregori ha reemplazado el espejo P por otro cóncavo R, fig. 163, haciendo que el gran espejo cóncavo me-

tálico tenga en el centro un agujero para colocar en él el ocular. Con esta disposicion los rayos reflejados sobre el espejo de metal forman la imágen $m n$, que reflejada á la vez por el espejo pequeño R, viene á presentar otra segunda imágen $m'n'$ que el observador mira directamente por medio del ocular. Cassegrain hace que el espejo R sea convexo, y de este modo destruye la aberracion de esfericidad de los dos espejos: ademas este telescopio es mas corto que el de Gregori de unas dos veces la longitud focal del pequeño espejo, y la cantidad de luz que proporciona mucho mayor. Los espejos metálicos deben estar perfectamente pulimentados, y las lentes muy limpias y sin estrías: en el dia se han vencido toda las dificultades, y la construccion de los grandes objetivos es un problema resuelto.

DEL MAGNETISMO.

LECCION LXXI.

Magnetismo.-Fluido boreal y austral.-Polo norte y polo sur.-Atracciones y repulsiones.-Verificacion de sus leyes.

404. Antiguamente se daba el nombre de *piedra imán* á ciertos minerales ferruginosos que tienen la propiedad de atraer el hierro, el niquel, el cobalto y el cromo: en el dia estos minerales se llaman *imanes naturales*, para distinguirlos de las barras, herraduras y agujas de hierro ó acero, á las que se ha desenvuelto la virtud magnética: esta clase de imanes son los *imanes artificiales*. La fuerza atractiva que produce los fenómenos magnéticos, es una fuerza diferente de la que hemos estudiado: los griegos la designaron con el nombre de *fuerza magnética*, que deriva de *magnes*, con que se nombraba la piedra iman.

La virtud magnética de un imán no es proporcional á su masa; así es que unos con un volúmen de muchas varas cúbicas apenas dan señales de su acción atractiva, y otros con solo algunas pulgadas están dotados de una fuerza considerable. Si la intensidad fuese proporcional á la masa, se observarían fenómenos de la mayor importancia. Los físicos no están aun conformes sobre que sustancias gozan de la virtud magnética: algunos admiten esta facultad al hierro, al níquel y al cobalto; Faraday ha probado que el cobalto sin hierro ni níquel no se presenta magnético. Pouillet asegura que el manganeso á -20° tiene señales evidentes de magnetismo.

405. Cuando se suspende un imán natural ó artificial de un hilo de seda, uno de sus extremos se dirige hácia el polo norte de la tierra y el otro hácia el sur: esto ha hecho presumir, que existen dos fluidos magnéticos elementales, que residen á la vez en el imán; el uno se llama *fluido boreal* ó $+M$, y el otro *fluido austral* ó $-M$. Si otro imán se suspende del mismo modo, marcando el nombre y posición de los dos fluidos se observa, que aproximándose la parte boreal del uno con la del otro hay repulsión, y que ésta es tanto mas intensa cuanto mayor es el fluido libre; otro tanto sucede con los fluidos australes. Mas si el fluido boreal de uno de los imanes se acerca al austral del otro hay atracción, que está en razón directa de la intensidad de los fluidos. Esto nos manifiesta que los fluidos del mismo nombre se repelen, y los de nombre contrario se atraen.

406. El imán y algunos metales como el hierro, el níquel, el cobalto y el cromo tienen entre sí una fuerza atractiva, por la que el uno se dirige hácia el otro: una bala de hierro suspendida á la manera de péndulo, se separa de la vertical, así que se le acerca un imán: lo mismo sucede si estando el imán suspendido se aproxima una varilla de hierro. Las limaduras de acero y de hierro se adhieren

al iman, y forman líneas rectas y curvas que salen de un punto. Estos esperimentos prueban la atraccion que existe entre todos estos cuerpos. La atraccion entre el iman y el hierro y vice-versa, se verifica en el vacio, al través del aire y de otros cuerpos opacos: suspendiendo en la campana de la máquina neumática una esfera de hierro y acercándole un iman, despues de haber estraído el aire, se nota que el iman atrae el hierro del péndulo magnético: este esperimento prueba además, que la atraccion se verifica á distancia y por entre la materia que forma la campana. La misma cualidad atractiva se observa poniendo dos ó tres agujas de coser sobre una mesa y pasando por debajo un iman, las agujas corren en la direccion de los fluidos magnéticos.

407. En todo iman se notan dos puntos donde la accion magnética se manifiesta con toda intensidad: estos puntos se llaman *polos*. El polo ó punto donde se concentra el fluido boreal se designa con el nombre de *polo norte ó boreal*, y aquel que indica la intensidad del fluido austral se denomina *polo sur ó austral*. Además se considera una *línea neutra* donde la accion magnética está destruida por la mútua influencia de los dos fluidos, y que es perpendicular á la línea que se considera uniendo á los polos, y forma con ella cuatro ángulos rectos. Hablando con todo rigor, los polos de un iman son dos puntos ideales que se consideran en su interior; pero en el lenguaje vulgar se señalan como tales, los dos puntos de un iman opuestos entre sí y mas salientes de la superficie.

Para determinar los polos de un iman, se han seguido diferentes procedimientos: el mas sencillo consiste, en colocar el mineral dotado de la virtud magnética sobre un cristal, debajo del que se ha puesto un pliego de papel blanco; se esparcen por su alrededor limaduras de hierro ó de acero, y se dan algunos golpecitos en el borde del cristal para comunicar á las partículas metálicas un ligero movi-

miento. Con esta sencilla operacion, se observa, que las limaduras se arreglan en líneas rectas hácia los polos y curvas en el ecuador; los dos puntos donde se reunen estas líneas son los polos. Se dice que un iman está armado, cuando los polos están provistos de dos pedazos de hierro que sobresalen un poco: en este caso la intensidad magnética es algo mayor que obrando directamente.

408. Cuando un iman se divide en dos partes, cada una tiene dos polos y la línea media, constituyendo dos nuevos imanes; pero en este caso la intensidad magnética de cada uno de ellos es menor. La fuerza magnética disimulada en totalidad ó en parte antes de la separacion, se halla ahora obrando con toda energía, y esta cantidad de fluido destruye el equilibrio que antes existia en el nuevo iman; de donde resulta una distribucion de fluido diferente, la cual da origen á los dos polos y la línea neutra. La fuerza cohercitiva se opone á su recomposicion. Es digno de llamar la atencion del principiante, que cada uno de los nuevos imanes puede dividirse y subdividirse en un número indefinido de veces, es decir, hasta donde alcance la division mecánica, y cada particula será un iman provisto de sus dos polos y su línea media.

409. Las sustancias simples se dividen respecto al fluido manético, en *simplemente magnéticas* é *imantadas*. Las primeras son aquellas que un iman atrae indistintamente por todos sus puntos, y las segundas son las que tienen los polos permanentes, signiendo las reglas de atraccion y repulsion que hemos dado á conocer. Si de una barra imantada A B, fig. 164, se suspende un cilindro de hierro H, el simple contacto con uno de los extremos del iman le convierte en otro iman con sus dos polos y la línea media. Parece que este contacto desenvuelve los fluidos positivo y negativo que estan neutralizados en el cilindro de hierro, de modo que el polo positivo B atrae el fluido negativo de H y queda libre el positivo: separando el cilindro H los flui-

dos vuelven á componerse para formar fluido neutro, y el hierro adquiere su estado natural. Si por el extremo B se aproxima el polo negativo de otro iman de mayor potencia sin que llegue á tocarle, el cilindro H se despegá y no dá señal alguna de magnetismo, además la intensidad, ó mas claro, el peso que puede sostener el extremo positivo del cilindro H, es igual al que sostenia el estreño B menos el peso del cilindro. Todo esto induce á creer, que el fluido magnético del polo B de la barra se ha transmitido por conductibilidad al través de las partículas del hierro del cilindro para presentarse en el extremo libre.

Los fluidos norte y sur de un iman, se neutralizan y dan fluido neutro siempre que se acerque otro iman de igual potencia, y se pongan en contacto los polos de nombre contrario; pero apenas se separan los dos imanes, cada uno vuelve á su estado natural. Mas si los imanes se unen poniendo los polos del mismo nombre en contacto, se consigue un iman, cuya fuerza es proporcional á la suma de los poderes atractivos.

410. La virtud magnética no se desenvuelve con la misma facilidad en el hierro que en el acero, ni tampoco desaparece con igual prontitud: la experiencia demuestra, que el hierro dulce es mas impermeable á la acción de un iman que el acero; pero este retiene el fluido con mas fuerza que el hierro. En iguales circunstancias, el hierro es mas magnético que el níquel y el cobalto: los imanes ferruginosos que tienen apropiada composicion elemental y colocados en circunstancias especiales, poseen la virtud atractiva, y forman imanes naturales; el hierro y el acero adquieren las propiedades magnéticas por la fricción, y constituyen imanes con sus dos polos y línea media, pudiendo luego desenvolver esta misma propiedad á otras porciones de materia ferruginosa. De ahí se deducen dos principios: 1.º en los cuerpos simplemente magnéticos, hay una resistencia al desarrollo de las fuerzas magnéticas, que se opo-

ne á que el fluido se difunda por el receptáculo: esta resistencia se llama *fuerza cohercitiva*: 2.º los dos fluidos se hallan neutralizados constituyendo el fluido neutro, estando como encadenado por las partículas ponderables, y solo se hace mas sensible cuando la frotacion lo escita.

Los imanes pierden la virtud magnética cuando se calientan, ó por la influencia de otros agentes; pero en esta operacion la sustancia ponderable queda intacta. Además una cantidad de hierro ó acero no cambia de peso, bien porque tenga la virtud magnética desenvuelta en alto grado, bien porque carezca de esta propiedad: esto patentiza que el magnetismo es un *fluido imponderado*. Cuando un iman por cualquier accidente pierde la virtud magnética, la puede adquirir frotándolo convenientemente con otro iman.

411. La *fuerza cohercitiva* por su influencia impide que los fluidos boreal y austral ejerzan entre sí una mútua accion, para que la recomposicion tenga lugar; de modo que en virtud de esta accion constante, cada uno de los fluidos ocupa en la materia un determinado lugar, y apenas se suspende aquella accion comienza la union de los fluidos positivo y negativo, hasta que el equilibrio entre la atraccion del fluido boreal y austral y la fuerza cohercitiva se ha restablecido. Mas la influencia atractiva se manifiesta tambien, asi que dos partículas magnetizadas se hallan dentro de la esfera de su reciproca actividad; entonces los fluidos de nombre contrario puestos uno enfrente del otro se recomponen, si las masas y las intensidades son iguales, quedando destruida la accion de la fuerza cohercitiva; pero si los fluidos del mismo nombre se ponen á presencia, la intensidad magnética se aumenta, y la fuerza cohercitiva es mas intensa, porque la tendencia de los dos fluidos á su recomposicion es mayor.

412. Las atracciones y repulsiones magnéticas se verifican en razon inversa del cuadrado de las distancias. Coulomb imaginó una balanza magnética análoga á la ba-

lanza eléctrica, con la que demostró que la fuerza directriz de una aguja horizontal, es proporcional al seno del ángulo que la separa del meridiano magnético. Este aparato sirve para determinar y comparar las fuerzas directrices; para lo cual basta suspender diferentes agujas, y examinar los distintos ángulos de torsión que representan para una misma desviación: Coulomb llamó á estas comparaciones *momentos magnéticos* de muchas agujas.

La ley de las atracciones y repulsiones, se demuestra con mayor exactitud por medio de las oscilaciones. Recordando que la fórmula $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ enlaza la longitud l

del péndulo, la intensidad de la pesantez g y el tiempo t que dura una oscilación, bastará hacer oscilar un mismo péndulo bajo la influencia de una fuerza de igual naturaleza, pero de diferente intensidad, para que la magnitud de g y el tiempo t sean dos cantidades variables, que la una estará subordinada á la otra; de suerte que mayor intensidad en la fuerza dará menor tiempo para una oscilación. Si g' y t' representan estas dos cantidades, se tendrá $t' = \pi \sqrt{\frac{l}{g'}}$ lo que dará $g' : g :: t'^2 : t^2$, y suponiendo que x

y x' son el número de oscilaciones verificadas en el espacio de tiempo, resultará que $g' : g :: x'^2 : x^2$; de donde se infiere que las fuerzas comparadas entre sí, son como los cuadrados del número de oscilaciones. Nada mas fácil que hacer oscilar una aguja imantada á diferentes distancias de un mismo polo de un imán, y contar el número de oscilaciones que verifica en un tiempo dado: comparando el número de estas oscilaciones con las distancias entre el polo de la aguja y la barra imantada, se consigue demostrar las leyes de las fuerzas magnéticas. En estos experimentos hay que tener en cuenta la fuerza directriz del globo, para destruirla ó para rebajarla en el cálculo: sin cuya corrección los resultados serían inexactos.

LECCION LXXII.

Propiedades del iman.--Atraccion.--Repulsion.--Direccion.--Declinacion. Inclination.--Explicacion de estas últimas circunstancias.--Medios de apreciarla.

413. Parece que los imanes naturales para adquirir la virtud magnética, ocupan cierta posición respecto al eje de la tierra. El globo en que vivimos tiene sobre las agujas imantadas una grande acción magnética, cuya influencia se hace sentir á la superficie, á grandes profundidades y á alturas de consideración. Según esto, la tierra no es otra cosa que un poderoso iman provisto de sus dos polos, y de la línea media. Los polos magnéticos del globo terrestre se hallan un poco separados de los polos del planeta, y por consiguiente el eje magnético difiere sensiblemente del eje de rotación: el *polo austral* magnético está situado en los hielos del mar del sur; y el *boreal* al norte del cabo oriental de América. El *ecuador magnético* es diferente del terrestre, y estas dos líneas consideradas en la esfera tienen dos puntos de contacto.

Se llaman *líneas isodinámicas* aquellas que tienen la misma intensidad magnética. Según M. Duperrey, los meridianos magnéticos son verdaderas líneas, que resultan de la dirección de la aguja imantada en cada punto del globo; y los *paralelos* magnéticos, son ciertas curvas normales á los meridianos, que guardan analogía con los paralelos terrestres.

414. Sentados estos principios, claro está que si se suspende libremente por su centro de gravedad una aguja imantada, hará un número mas ó menos grande de oscilaciones para adquirir una posición fija, que es la misma aun cuando dicha aguja se separe en cualquier sentido y

se deje abandonada á su propia accion. Como la fuerza de la pesantez queda destruida por la resistencia del punto de suspension, la aguja puede adquirir alrededor de este punto todas las posiciones imaginables; pero otra fuerza mas poderosa le obliga á dirigirse paralelamente á la resultante de las diferentes acciones atractivas y repulsivas que ejerce la tierra sobre los fluidos magnéticos de que está provista. De ahí resulta, que la fuerza directiva de la tierra señala los polos de la aguja, puesto que el fluido boreal atrae el austral, y el austral atrae al norte del pequeño instrumento. Generalmente suele designarse con el nombre de polo norte, al extremo de la aguja que se dirige hácia este punto de la tierra, y con el de polo sur al opuesto: esto es un error, porque el norte magnético del globo atrae el sur de la aguja y vice-versa.

415. En el estado actual de la ciencia, no es posible fijar los puntos donde residen los polos de la accion magnética del globo en que vivimos; pero existe una accion puramente directriz, que puede representarse por *un par de fuerzas*, y que establece cierta analogía entre la influencia magnética del planeta y la del iman. Para demostrar este principio, sean p y p' los dos polos de una aguja imantada suspendida por el centro de gravedad de un hilo de seda sin torcer, y P y P' los dos polos del globo de la tierra. El polo p se halla solicitado por dos fuerzas, una atractiva representada por $P'p$, y la otra repulsiva Pp' , el polo p' estará igualmente solicitado por la fuerza $P'p'$ que es repulsiva y por Pp que es atractiva; estas dos fuerzas son respectivamente iguales, paralelas y opuestas entre sí. De modo que la aguja imantada está sujeta á un par de fuerzas iguales, paralelas y opuestas, una aplicada en p y otra en p' ; de suerte que la aguja debe girar hasta que su eje ó la línea pp' se halla en la direccion de estas fuerzas. Por consiguiente, la influencia magnética del globo sobre un iman, se reduce á una accion directriz que se verifica por un par

de fuerzas iguales y paralelas, que obran en direcciones opuestas sobre cada polo del iman. M. Hausteen ha demostrado por medio de ingeniosos experimentos, que todos los cuerpos están dotados de polaridad magnética.

416. La aguja imantada no es otra cosa que una barra de acero imantada, en cuyos extremos se ha acumulado el fluido magnético. Esta barra, á la manera de flechilla, gira sobre un eje de acero terminado en punta que se llama *estilo*, y en el centro tiene una chapa de ágata para evitar los rozamientos: dispuesta de este modo, y despues de haber oscilado algun tiempo, se fija en una direccion dada, que varia con el lugar donde se la observa. Esta direccion se determina averiguando el ángulo que hace el plano vertical de la aguja con el meridiano del lugar, y el ángulo con el horizonte; estos dos ángulos se llaman, el primero de *declinacion* y el segundo de *inclinacion*. De ahí resulta, que la direccion debida á la accion magnética del globo se mide, con los angulos de declinacion é inclinacion. El *meridiano magnético* es un plano vertical que pasa por los polos de la aguja imantada; de modo que la declinacion se conoce por el ángulo que forma este plano con el meridiano del lugar, ó bien el ángulo comprendido entre el meridiano magnético y el terrestre del lugar en que se verifica la observacion.

Para medir la declinacion de la aguja sea AB, fig. 166, la meridiana del lugar que se considera, y CED el eje de la aguja que gira sobre el punto E; el ángulo AEC será la declinacion, la que puede ser occidental y oriental, segun que la parte de la aguja que se dirige hacia el norte del globo se halla al *este* ó al *oeste* de AB. Se llaman *lineas sin declinacion* aquellas que pasan por los puntos donde la declinacion es nula: estas líneas en la actualidad son cuatro; la primera está situada en el Océano entre el antiguo y nuevo mundo; la segunda empieza por debajo de la nueva Holanda y se prolonga hasta la Lapónia; la tercera comunica con la segunda cerca del gran Archipiélago del Asia y si-

gue hasta la parte oriental de la Siberia; y la cuarta parece que se halla en el Océano pacífico cerca de la isla de los amigos y de la Sociedad: estas líneas son irregulares, y su posición presenta variaciones bastante notables.

La aguja imantada experimenta variaciones diurnas respecto á la declinacion, que tienen relacion con el estado atmosférico y la hora en que se observa. En el hemisferio norte, el polo boreal de la aguja se dirige del *este* al *oeste* de las 8 $\frac{1}{4}$ de la mañana á la 4 $\frac{1}{4}$ de la tarde, y del *oeste* al *este* desde la 4 $\frac{1}{4}$ hasta el día siguiente por la mañana este mismo movimiento se presenta en el hemisferio sur: entre los equinoccios de primavera y otoño, la aguja ofrece sus variaciones diurnas mas intensas. La brújula de declinacion se aparta de su posición por causas accidentales, como la aparición de una aurora boreal etc.

La propiedad que tiene el iman de concentrar el fluido magnético en los dos polos, y dirigirse hácia los de la tierra dió origen á la *brújula*. Algunos dicen que los chinos se servian de ella mil años antes del cristianismo; en 1380 Guyot habló de este instrumento, y en la Noruega está indicada hácia 1266; sin embargo, se dice de positivo, que Marco Baulo la dió á conocer en Europa en 1295. Hay varias brújulas, que tienen entre sí algunas diferencias: tales son la brújula de declinacion, la de inclinacion, la de agrimensores, la minera, la náutica ó de navegar y la de variaciones diurnas.

417. La brújula de inclinacion fué inventada por Cassini, y consiste en un limbo graduado *v v'*, fig. 167, que por medio de dos tornillos *t* y *t'* se coloca á nivel: esta disposición horizontal la señala un nivel de aire. La armadura que la sostiene es movable, y en su centro puede girar un disco horizontal rozando por las columnas *AB*, que tienen en la parte superior un anteojo *R*, y en la opuesta la aguja imantada *c d*. La brújula consiste en una barra imantada bastante delgada, provista de lástre para que

esté bien nivelada; esta aguja está suspendida de una hebra deseda $i i'$: el instrumento es de cobre. Para preservarlo del aire se coloca dentro de una caja, y por medio de las ventanas $z z'$ se observan todas las variaciones.

418. Si á este instrumento añadimos un círculo graduado colocado verticalmente y una aguja suelta en el centro, se tiene la brújula de inclinacion. Se llama *inclinacion de la aguja*, el ángulo que forma con el horizonte cuando se mueve en el plano vertical del meridiano magnético, y en rededor de su centro de gravedad. Toda vez que tengamos la brújula de inclinacion, bastará colocar el círculo móvil, de modo que su posicion sea perpendicular con el meridiano magnético, para que la fuerza directriz de la tierra, obrando sobre la aguja, la haga adquirir la posicion vertical. En esta disposicion las componentes horizontales de esta fuerza se destruyen mutuamente, pero apenas se hace girar el círculo vertical, la aguja se inclina mas y mas hasta llegar á su inclinacion máxima, asi que el círculo se halla en el meridiano magnético. Para observar la inclinacion, se supone el círculo en el azimud, donde la aguja está vertical, y con el círculo horizontal dividido se coloca á 90° : entonces se halla sobre el meridiano magnético y se cuenta la inclinacion en el limbo. Podrá suceder que el eje magnético no coincide con el eje de figura, en cuyo caso habrá error de observacion, que se evita girando un poco el instrumento. La inclinacion de las brújulas y su latitud aumenta cuando se camina hácia el polo boreal, y disminuye con su latitud hácia el polo austral; pero se nota que en los dos hemisférios sus efectos están en opuesta direccion.

419. Se llama *ecuador magnético*, á la curva que pasa por los puntos donde es nula la inclinacion. Segun los Sres. Morelet y Hausteen, esta curva se halla por debajo del ecuador terrestre, entre Africa y América; su mayor separacion es de 13 á 14° , lo que corresponde á 25° de

longitud occidental: parece que tiene tres puntos de contacto con el ecuador terrestre; el primer nudo está en el Africa sobre los 22° ó 18° de longitud oriental, otro se presenta despues de haber atravesado el archipiélago de las Carolinas, en seguida desciende rápidamente hácia el ecuador terrestre y le corta á los 187° de longitud oriental, y el tercero dudoso aun, parece que se halla en el Océano pacífico á unos 120° de longitud occidental. Segun esto, el ecuador magnético presenta una linea curva llena de circunvalaciones y sinuosidades. que segun las observaciones de M. Freycinet, del capitan Sabine y del almirante Duperrey es probable que dicha linea sea movible, y esté animada de un movimiento de traslacion de oriente á occidente: tal vez este movimiento sea la causa de las variaciones en la inclinacion de la aguja para un mismo lugar. Segun M. Duperrey el ecuador magnético corta la linea equinoccial en dos puntos diametralmente opuestos; uno en el Océano Atlántico, y otro en el gran Océano.

Cuando nos separamos del ecuador magnético, la inclinacion aumenta, y este aumento es tanto mayor quanto mas nos apartamos de esta linea; pero en el hemisfério austral el polo boreal se sumerge debajo del horizonte, y al contrario en el otro hemisfério sale fuera de él. Los dos puntos del globo donde la inclinacion es de 90° se llaman *polos magnéticos*. M. Duperrey coloca el uno al norte de la América septentrional sobre los $70^{\circ} 10' N$, y $100^{\circ} 40' O$; y el otro al sur de la Nueva Holanda por los $75^{\circ} 0' S$ y $136^{\circ} 0' E$. La inclinacion experimenta variaciones diurnas y ánuas, que deben tenerse en cuenta para las grandes observaciones. La intensidad magnética disminuye en las grandes alturas, y como las variaciones de temperatura ejercen grande influencia en la declinacion é inclinacion, parece que la falta de calor de estas regiones ocasiona la disminucion del magnetismo.

LECCION LXXIII.

Variaciones y perturbaciones de la aguja imantada.-Accion de los imanes sobre los demás cuerpos.--Medios de imantar.

420. Hemos indicado que las brújulas en general, varían de posición para cada punto de la superficie de la tierra, en virtud de las acciones atractivas y repulsivas que ejerce el globo sobre los elementos magnéticos que contienen, y experimentan además para un mismo lugar variaciones seculares, anuales, mensuales y diurnas, que se consideran como regulares ó irregulares segun los efectos de su acción. Las variaciones regulares son las que guardan cierto periodicismo, y se reproducen con alguna uniformidad; las irregulares son las que se deben á causas accidentales, y se llaman *perturbaciones*.

421. La declinacion de la aguja para un mismo lugar, sufre notables variaciones hasta llegar al meridiano magnético, y entonces adquiere una marcha en sentido opuesto. Las observaciones que sobre este punto se han hecho, datan de 1580, en cuya época la estremidad norte de la aguja se desviaba en Paris hácia el *Este* de $11^{\circ}30'$: en 1663 era nula, porque estaba en el meridiano magnético, pasó luego á ser occidental, hasta que en 1814 llegó á su máximo, y desde esta época va disminuyendo. Iguales fenómenos se han observado en Londres desde 1580 hasta nuestros dias, notándose que la declinacion fué nula desde 1657 á 1662, y la declinacion máxima tuvo lugar en 1815. En el cabo de Buena Esperanza se han practicado iguales observaciones, lo que prueba que las variaciones de declinacion en los dos hemisferios se presentan segun unas mismas leyes. Las variaciones ánuas de la aguja son mas intensas en el verano que en el invierno, y parece

que siguen la posicion del sol en las épocas de los equinócios y de los solsticios. Estas variaciones se notan tambien en los subterráneos del observatorio de Paris, donde hay una temperatura constante, y jamas penetra la luz natural.

Ademas de estas variaciones, se notan otras diurnas que no es posible observar sino con aparatos muy sensibles. En Europa, el extremo boreal de la aguja se dirige de *este* á *oeste*, desde la salida del sol hasta la una de la tarde, y luego por un movimiento retrógrado vuelve hácia el E hasta las diez de la noche, que se halla en la misma posicion que por la mañana: durante la noche queda estacionada para empezar el dia siguiente su marcha periódica. En todas estas observaciones no hay dos dias del año que sean perfectamente iguales, notándose ademas, que el máximo de desviacion no se verifica en los diferentes lugares á la misma hora. Se ha creido que las variaciones diurnas aumentan cuando nos dirigimos hácia el norte; pero las observaciones de los Sres. Bravais y Lottin han modificado estas ideas. De semejantes observaciones se deduce: 1.º las variaciones diurnas en los trópicos tienen menos estension que en Europa; 2.º que para una misma hora, si en el hemisferio boreal la estremidad norte de la aguja se dirige al *oeste*, su movimiento en el austral se verifica en sentido contrario. La declinacion media de un dia resulta de sumar las dos declinaciones, máxima y mínima, y de la suma sacar la mitad; la de cada mes se obtiene sumando las declinaciones medias de los dias que componen el mes, y la suma se divide por el número de dias. De este modo M. Arago ha encontrado que la declinacion máxima tiene lugar hácia el equinóccio de primavera, y la mínima en el solsticio de estio.

Las perturbaciones se verifican cuando la aguja está bajo las influencias de los grandes fenómenos naturales; asi es, que la aparicion de una aurora boreal, un terremoto, un

temblor de tierra, la irrupcion de un volcan, una fuerte descarga eléctrica, alteran el estado magnético de la brújula; de modo que algunas veces se destruye el magnetismo, se invierten los polos, describiendo varias circunferencias de círculo.

422. Las variaciones de inclinacion han sido miradas con menos interes que las de declinacion. Parece que á medida que nos dirigimos hácia el norte, el polo austral de la aguja imantada va inclinándose mas y mas hasta colocarse debajo del horizonte; la inclinacion aumenta con la latitud, y en las regiones polares existen ciertos puntos donde señala 90° . Cuando marchamos hácia el hemisfério austral, se encuentran algunos lugares en que la inclinacion es nula, los que constituyen el ecuador magnético; luego sigue aumentando hasta que viene á marcar los 90° . La inclinacion de la aguja experimenta variaciones continuas; parece que desde 1671 en que comenzaron las observaciones hasta nuestros dias, ha ido disminuyendo progresivamente. M. Hausteen ha notado, que las variaciones diurnas son durante el estio de unos 15° mas intensas que en el invierno, y que aumentan de 4 á 5' cuando el sol se halla en el zenit.

423. Las brújulas de navegar experimentan una desviacion que en algunos casos llega á 15° ó 20° , por la influencia de las masas ferruginosas que se emplean en la construccion de los buques, ó forman parte del cargamento y utensilios. Esta circunstancia puede inducir á errores de grande trascendencia, que se corrigen por el método de M. Barlow. La desviacion de la brújula en un buque puede provenir de la descomposicion del fluido magnético, de las sustancias magnéticas que le rodean, del estado magnético permanente que pueden tener estos cuerpos en virtud de la fuerza cohercitiva, y del estado magnético que adquieren por la influencia del magnetismo terrestre, el cual es variable. Estas causas de desviacion se corrigen poniendo

do la vitágora separada del hierro que tiene el buque, ó tomando la declinacion media de las declinaciones que resultan del par de fuerzas, producto de los diferentes cuerpos magnéticos, la que combinada con el par que proviene de la accion de la tierra produce una resultante; ya en fin, teniendo en cuenta, que los cuerpos magnéticos del buque, cambian de posicion respecto al eje magnético de la tierra, y se presentan como imanes en los que la intensidad y posicion de los polos varia á cada paso.

Para evitar la influencia de la tierra se han inventado las *agujas astáticas*. La mas comun consiste en dos agujas de la misma figura y longitud, imantadas con igualdad; estas agujas se colocan en un mismo eje vertical, de modo que los polos de nombre contrario estén en presencia, en la misma direccion y de un modo simétrico. De esta manera la accion de la tierra se manifiesta sobre las dos agujas en sentido opuesto, y la fuerza directriz queda destruida.

424. Todas las sustancias de la naturaleza tienen cierta accion atractiva sobre la aguja imantada, esceptuando el bismuto y antimonio que la tienen repulsiva. Coulomb en 1812 dió á conocer la influencia de los imanes sobre los cuerpos que no tienen virtudes magnéticas y pueden adquirirlas por los procedimientos ordinarios. Para ello toma una campana de cristal A, fig. 168, dentro de la que suspende de una hebra de seda la aguja de oro x de 6 á 8 milímetros de longitud: esta aguja puede ser de plata, vidrio, madera ó de cualquiera otra materia. Si se le aproximan los polos contrarios de dos imanes de gran potencia MM' , la aguja oscila, y se coloca en la direccion de la recta como si estuviese imantada. Para explicar estos fenómenos se admite, que todos los cuerpos tienen polaridad magnética, ó que contienen hierro, níquel, cobalto, manganeso ó cromo. Esta suposicion gratuita por demas, y negada por el análisis químico, se ha puesto en evidencia por Becquerel y Biot: el primero ha demostrado que los cuerpos poco mag-

néticos como los peróxidos de hierro, la madera y la goma laca á los que se le daba la figura prismática, la distribución del magnetismo se verificaba en la dirección del eje; y el segundo con dos poderosos imanes ha hecho oscilar dos láminas de mica, y ha visto que la una hizo 12 oscilaciones y la otra 7. Las fuerzas magnéticas estaban representadas por 144 y 49, y el análisis demostró que el hierro de cada una estaba en esta proporción; de donde se dedujo, que por medio de las oscilaciones se puede apreciar el hierro que contienen varias sustancias. M. Lebaillif con un aparato que se llama *sideróscopo*, ha reconocido que casi todos los cuerpos obran sobre la aguja imantada.

425. Los cuerpos en reposo tienen cierta acción sobre la aguja imantada cuando está en movimiento. Este fenómeno fué indicado en 1822 por M. Arago, demostrando que una aguja capaz de hacer 300 ó 400 oscilaciones para quedarse en reposo cuando no tiene que vencer mas resistencia que la del aire, no hace mas que 4 ó 5 si se espone á la influencia de una chapa de cobre colocada por debajo de ella. Los cuerpos en movimiento tienen una poderosa acción sobre la aguja imantada en reposo. Este descubrimiento se debe á Arago, y constituye *el magnetismo por rotación*. Sea una campana de cristal A B, fig. 169, de cuya parte superior está suspendida la aguja imantada x la que está en reposo: $m n$ es un platillo circular de cobre que se pone en movimiento horizontal con las dos ruedas dentadas p y q , y para aproximar ó separar la aguja del platillo están los tornillos s y t . Dispuesto el aparato de este modo y despues de haber pegado una tira de papel entre los bordes de la campana y el platillo, se pone el disco en movimiento, y se nota que la aguja se desvia en el mismo sentido de la rotación. Si la velocidad del disco no es muy grande, la aguja adquiere su posición estacionaria: entonces la acción de la placa de cobre se equilibra con la de la tierra; pero á medida que aumenta la velocidad, vuelve á

girar en el sentido que lo verifica el disco. El ángulo de la aguja depende de la distancia al platillo de cobre, de la velocidad de rotacion y del espesor.

Estos fenómenos se presentan con menos intensidad, si la placa de cobre se sustituye por otras sustancias; notándose que el hierro los debilita y se hacen insensibles cuando se interponen dos discos de este metal. Si la placa de cobre tiene hendiduras que del centro van á la circunferencia, ó si se ha interrumpido la solucion de continuidad, estos fenómenos desaparecen casi del todo; pero vuelven á presentarse cuando se sueldan con un metal cualquiera. La falta de intensidad debida á las hendiduras se hace nula, cuando se rellenan con agua, algun ácido, torneaduras del metal, polvo, etc. Segun Prevost y Colladon los ángulos de desviacion aumentan proporcionalmente con la velocidad de rotacion, y los senos varían en razon inversa de la potencia. M. Haldat dice, que los discos de hierro incandescentes dan los mismos resultados que cuando giran á la temperatura ordinaria. Barlow ha estudiado la accion de los globos de hierro, y ha deducido que las esferas macizas presentan fenómenos mucho mas intensos que las huecas. En estos movimientos de rotacion, la estremidad norte de la aguja, es atraída cuando la esfera metálica gira hacia dicha aguja, y repelida en el caso contrario.

426. Los cuerpos que pueden presentarse magnéticos adquieren esta propiedad por el contacto con un iman, por descargas eléctricas, por la accion de la tierra ó por una corriente galvánica. Una barra de hierro dulce de cuatro ó seis piés de longitud adquiere virtudes magnéticas, cuando se coloca verticalmente en la direccion del eje magnético; pero este estado desaparece, así que se separa la barra de dicha posicion. El choque del martillo, la torsion y otras fuerzas mecánicas, desenvuelven la fuerza cohercitiva, con la que los fluidos magnéticos desarrollados por la influencia de la tierra vienen á fijarse en los extremos.

Cuando por este medio se magnetizan varios alambres y luego se reunen en manojos, de modo que los fluidos de un mismo nombre se confunden, se consiguen imanes de bastante fuerza, que pueden desenvolver el magnetismo á las barras de acero y de hierro.

Los medios que sirven para magnetizar directamente, están fundados en el simple contacto y en el contacto doble. El primero consiste en poner en contacto una barra de acero con un poderoso iman, pero si la barra tiene demasiada longitud y la fuerza cohercitiva es muy grande, el fluido no se desarrolla. Si con uno de los polos de un iman se toca un punto cualquiera de una barra de acero, se desenvuelve un polo de nombre contrario al del iman. Para imantar por simple contacto, es preferible hacer resbalar suavemente el polo de un iman sobre la mitad de la barra colocada en la posicion horizontal. No debe frotarse un polo en todas direcciones, porque no se desenvuelve el fluido magnético y se destruye el iman.

Apenas el iman toca el punto A de la barra CD, fig. 170, cuando se encuentra un punto consecuente: la porcion An y la Am se hallan cargadas de fluido austral, y la nD y mC de fluido boreal ó vice-versa; pero apenas este punto A va adelantando hácia C, cuando cambia el estado magnético de An, y el punto n adelanta, se retira m y así que el iman llega á la estremidad C, n se halla en el centro de la barra; de donde resulta, que los dos extremos C y D están provistos de fluido magnético de nombres contrarios. Este procedimiento tiene el grave inconveniente de desenvolver *puntos consecuentes*.

Llamamos puntos consecuentes á los polos intermedios que tienen los imanes en ciertos casos, y que son diferentes de los verdaderos polos.

Knight en 1745 inventó el método de doble presion, que mas tarde perfeccionó Duhamel. Consiste en frotar bajo una grande presion con los dos polos opuestos de dos

imanes, una barra de acero partiendo del centro y dirigiéndose á la vez y en sentido opuesto hasta los extremos. La fig. 171 da de ello una idea. La modificacion de Duhamel se funda, en colocar la barra que se va á imantar sobre otras dos de hierro dulce A y B, inclinando los imanes de 25 á 30° . Por este procedimiento se pueden imantar las agujas, porque no desenvuelve puntos consecuentes. Mitchel asegura que poniendo muchas barras de acero en contacto unas de otras, y frotando la superficies con los polos contrarios de dos imanes verticales, fig. 172, se consigue imantar las barras de acero que están en el centro. Äpinos añade dos imanes A y B, sobre los que apoyan las barras de acero que se van á imantar. Este sistema es el que produce mayor intensidad magnética, pero desenvuelve puntos consecuentes.

La cantidad de fluido desarrollada en una barra crece siempre con la fuerza de los imanes que obran sobre ella; pero la cantidad de fluido libre así que está fuera de la influencia de los imanes, depende de la fuerza coercitiva; esta cantidad tiene un límite que constituye el *estado de saturacion*, que se conoce imantando de nuevo en el mismo sentido con otros imanes mas poderosos, y si no adquiere aumento sensible de fluido, se dice que estaba *saturada de magnetismo*.

427. Las barras imantadas y en general toda clase de imanes naturales ó artificiales, pueden experimentar modificaciones respecto á su intensidad, segun la posicion en que se colocan: el globo en que vivimos tiende á aumentar ó disminuir esta intensidad. Para evitar la influencia del planeta y conservar la fuerza que es propia á los imanes, se guarnecen sus estremidades con piezas de hierro dulce, que evitan la recomposicion de los fluidos: estas piezas se llaman *armaduras*. Las armaduras se colocan tambien en los imanes naturales para aumentar la fuerza de los polos, y dar al fluido que contiene la masa mineral una di-

reccion mas conveniente. Las brújulas que estan en actividad no necesitan de armadura, porque la accion de la fuerza directriz las coloca de modo, que la influencia de la tierra tiende mas bien á aumentar la energia; por cuya razon se opone á la recomposicion de los dos fluidos, y viene á servirles de armadura.

DE LA ELECTRICIDAD.

LECCION LXXIV.

Idea general de la electricidad.--Modo de escitarla por frotacion.

428. Apesar de los adelantos que de un siglo á esta parte ha hecho la física acerca de la electricidad, no se ha podido establecer una teoría general capaz de explicar todos los fenómenos que comprende su estudio. En el dia se conocen distintos modos de considerar las acciones eléctricas, que se explican por hipótesis diversas, y cada una abraza un grupo de echos de la mayor importancia; pero que no pueden amoldarse á una teoría general. Las principales son: 1.^a la electricidad estática, que es la teoría mas antigua; 2.^a el galvanismo ó electricidad voltaica, llamada tambien electricidad dinámica; 3.^a la teoría de los imanes, que algunos consideran como el resultado de un fluido particular, cuya esposicion hemos hecho; 4.^a el electro-magnético; 5.^a el electro químico destinado á estudiar los efectos de la pila, y á iluminar la teoría química de este aparato; 6.^a la electro-dinámica; y 7.^a los fenómenos termoelectrícos. Hé aqui diseñado el conjunto de hipótesis, que constituyen el estudio de la electricidad.

La frotacion de ciertos cuerpos como la lana, la resina,

el vidrio etc. desenvuelve la propiedad de atraer las sustancias ligeras que se les presentan, arrojar chispas, inflamar sustancias combustibles y excitar fuertes conmociones. Estos fenómenos fueron conocidos en tiempo de Thales, que vivia seiscientos años antes del cristianismo: la causa se llamó *electricidad*, palabra griega que deriva de *electron* y significa *ambar*. Sobre el ambar amarillo se observó la virtud eléctrica por la vez primera. La existencia de la electricidad que desarrolla la frotacion, se manifiesta tomando un tubo de cristal ó de lacre, un fragmento de resina ó un cañon de azufre, y frotándolos contra una bayeta ú otro tegido de lana ó seda, se observa que los cuerpos frotados atraen las sustancias ligeras, como la médula de sauco, el corcho, la paja ó el papel, y aun las partecillas de oro y otros metales.

La electricidad es un agente imponderado, incohercible, eminentemente elástico, que consta de dos fluidos elementales, los cuales combinados constituyen el *fluido natural*. Todos los cuerpos naturales tienen cierta cantidad de este fluido que se hace sensible por medios diversos, y sobre todo, por la frotacion; pero su presencia no se manifiesta por propiedades peculiares.

429. Parece que todos los cuerpos pueden electrizar-se por la frotacion, aun quando en la práctica se nota que algunas sustancias, como los metales, carecen de esta propiedad. El fluido elástico se escapa al través de estos cuerpos, por cuya razon no dan señales de la electricidad desarrollada por la frotacion. De ahí se infiere, que los cuerpos pueden dividirse en dos secciones; á saber; cuerpos que el frote electriza en un grado mas ó menos eminente, y el fluido queda encadenado en la superficie: y cuerpos que el frote no electriza al parecer, porque el fluido se escapa para difundirse por el *receptáculo comun*: los primeros se resisten al paso del fluido, los segundo lo transmiten por toda la masa con increíble velocidad; pero ro-

deandolos de un cuerpo vítreo ó resinoso, presentan señales de la electricidad que la frotacion ha desenvuelto. Los cuerpos que el frote electriza se llaman *malos conductores* ó *ideo-eléctricos*, y son el vidrio y las sustancias vítreas, las resinas en todas sus acepciones, el azufre, el aire seco, la seda, etc. y los que no se electrizan se denominan *buenos conductores* ó *analéctricos*, como los metales, el aire húmedo, etc.

La electricidad no halla un conductor perfecto ó del todo malo, porque el fluido encuentra alguna resistencia en los primeros, y cierta facilidad para escaparse en los segundos. Además los cuerpos en virtud de su naturaleza, por efecto de acciones moleculares ó por la influencia del vapor de agua, pueden modificarse de modo, que se altere su facultad conductriz: los líquidos son en general buenos conductores; pero los aceites esenciales y el alcohol carecen de esta propiedad; los metales son buenos conductores y los óxidos pierden esta facultad; el agua conduce bien la electricidad y cuando se le ha disuelto algun ácido ó una sal, aumenta considerablemente el poder conductriz, etc.

430. Un cuerpo se halla aislado, así que no tiene comunicacion con el receptáculo comun: para ello se rodea de sustancias ideo-eléctricas, pero si se establece por medio de cuerpos analéctricos una comunicacion espedita con el globo de la tierra, entonces se dice que el cuerpo está en comunicacion con el *receptáculo comun*.

431. Los cuerpos electrizados pierden el fluido de que están provistos, cuando se ponen en contacto con otros que tienen mucha superficie. Así se vé, que una sustancia electrizada en contacto con la tierra, no dá señales de fluido libre; porque absorbe instantáneamente todo el fluido desenvuelto ó acumulado, por ser nuestro planeta una esfera eléctrica de capacidad infinita. La comunicacion de electricidad de unos cuerpos á otros por el contacto inmediato ó á pequeñas distancias, presenta los tres casos siguientes.

tes: 1.º si los dos cuerpos son buenos conductores, están aislados y uno de ellos se ha electrizado, el simple contacto por un instante bastará para que el fluido se divida entre los dos, disminuyendo la intensidad del que se electrizó, en razon de la superficie que tenga el que se halla al estado natural; 2.º cuando los dos cuerpos que se ponen en contacto son malos conductores y se ha electrizado uno de ellos, nada pierden sino en los puntos de contacto; 3.º si uno de los dos cuerpos es conductor y el otro no, estando cualquiera de ellos electrizado, el cuerpo ideo-eléctrico no adquiere ni pierde mas fluido que por los puntos de contacto: pero el aumento ó disminucion de fluido en la sustancia conductriz se nota en toda la superficie.

Mas verificándose el contacto entre dos cuerpos buenos conductores que se han aislado y tienen iguales dimensiones, la electricidad que se acumula en uno se divide entre los dos. Si la comunicacion tiene lugar á alguna distancia el fluido se estiende por el cuerpo en virtud de la conductibilidad, y el pasar de una sustancia á otra presenta la *chispa eléctrica*.

432. Para manifestar que un cuerpo se ha electrizado, ó para dar á conocer que el fluido ha pasado de una sustancia á otra ó que se ha dividido entre ellas, se emplea el *péndulo*, que consta de una esferita de médula de sahúco suspendida de un hilo de seda como la de el gusano, y el hilo de un tubo de cristal con su pié correspondiente, fig. 173.

LECCION LXXV.

Electricidad positiva y negativa.-Atracciones y repulsiones.-Determinacion de sus leyes.

433. En la electricidad que desenvuelve la frotacion de los cuerpos ideo-eléctricos, se nota que cuando se elec-

triza un tubo de vidrio y se aproxima al péndulo, la esfera es atraída con fuerza y repelida pasados algunos instantes. Si el experimento se hace con un pedazo de resina electrizada sucede lo propio, pero si se colocan dos péndulos, como representa la fig. 174, y se aproxima la resina ó el vidrio electrizado las esferas se separan. Mas cuando á una de ellas se le acerca el vidrio y á la otra la resina, ambos electrizados por frotacion, las esferas se aproximan una hacia la otra y quedan unidas. En estos fenómenos se observan tres cosas; 1.^a el cuerpo electrizado ora sea vítreo ora resinoso, atrae la esfera y luego la repele con igual fuerza; 2.^a las dos esferas del péndulo doble se separan cuando se les acerca el vidrio ó la resina electrizados, y el arco que describen aumenta con la intensidad del fluido libre; y 3.^a las esferas se acercan y se adhieren si á la una se le aproxima el vidrio y á la otra la resina, ambos electrizados.

De ahí dedujo Dufay, que habia dos fluidos eléctricos; el que se desenvolvía por la frotacion del vidrio, y el que daba la frotacion de la resina: llamó al primero *electricidad vítreo*, y al segundo *electricidad resinosa*; y como las esferas del péndulo se repelen por un mismo fluido y se atraen cuando son de diferente naturaleza, sentó como principio, que dos cuerpos electrizados por un mismo fluido deben repelerse, y ejercerán entre si una mútua atraccion, si el fluido es diferente. Franklin llamó despues *electricidad positiva* que distinguió con el signo $+$ al fluido vítreo, y *electricidad negativa* que señaló con el signo $-$ á la resinosa.

434. Estos dos fluidos residen combinados en todos los cuerpos en virtud de su mútua atraccion, y esto constituye su estado natural; pero cuando una causa descomponente rompe el equilibrio, el fluido natural se descompone segun sea la frotacion; así el vidrio es positivo si se frota con la lana, y negativo si con una piel de gato, etc. Algunos fisicos siguiendo la opinion de Franklin solo admi-

ten el *fluido positivo*, y creen que la electricidad negativa solo indica la falta de fluido que resulta de comparar dos cuerpos, obrando por repulsion sobre si mismo y por atraccion en la materia ponderable. En esta hipótesis cada cuerpo tiene cierta cantidad de fluido positivo, que depende de su naturaleza, de su masa y de su estado: con esta teoría no pueden esplicarse de un modo satisfactorio las atracciones y repulsiones, por cuya razon se admiten los dos fluidos.

435. Algunos dicen, que la electricidad positiva tiene el sabor acidulo, y alcalino la negativa, que la luz de la primera cuando se desprende de una punta es rojo-azulada, y la de la segunda apenas se percibe, que el fluido positivo obra químicamente sobre la tintura de tornasol como un ácido, y la negativa á la manera de una base, etc.

436. Hemos probado con el péndulo doble que las electricidades del mismo nombre se repelen y las de nombre contrario se atraen. Coulomb descubrió la ley de las atracciones y repulsiones eléctricas, para lo que inventó la balanza eléctrica. Es una caja cilindrica ó cúbica de cristal ABCD, fig. 175, de 30 centímetros de diámetro, cerrada por un disco de cristal AB, que en el centro tiene un agujero de 4,50 centímetros de diámetro, donde recibe un cilindro tambien de cristal de 27 á 30 centímetros de altura: tiene la tapadera otro agujero *s* de menos diámetro por donde se introducen los cuerpos electrizados. Encima del cilindro menor hay un micrómetro *M*, y un hilo de plata *a b* fijo en el rodete donde puede liarse; este hilo por el extremo opuesto se introduce en la caja y lleva una aguja de resina laca por debajo de la masa metálica *b* perfectamente equilibrada, que remata con la esfera *m* de médula de sauco, y en la parte opuesta un disco de talco *n* que sirve para equilibrarlo. En el contorno de la caja hay una tira de papel dorado colocado á la altura de la aguja, dividido en 360 partes iguales. Cuando se comunica á la esfera

de la aguja parte del fluido que tiene un cuerpo electrizado, y otra cantidad á la que se introduce en el aparato al extremo de una hebra de seda hay repulsion, y en el hilo micrométrico se nota una torsion mayor ó menor, segun la cantidad de fluido puesta en movimiento; la fuerza se equilibra con la accion repulsiva, y separando con otra esfera aislada y de igual diámetro colocada á la misma distancia, la mitad del fluido la fuerza de tension se reduce á la mitad, asi continuando se puede rebajar á un cuarto, un octavo, etc.

Para buscar la ley de las repulsiones eléctricas, colóquese la aguja del micrómetro en el cero de la escala, y hágase girar la caja hasta que la esferita m esté en su posicion de equilibrio y en contacto con la d que está en el cero de la escala; luego comuníquese á ésta separándolo de la caja, una lijera tension eléctrica y póngase como estaba primeramente. Apenas la esfera m toca á la d , el fluido se reparte entre las dos y hay una repulsion; pero la aguja permanece en equilibrio cuando por la distancia la fuerza repulsiva se equilibra con la de torsion. Coulomb notó que el ángulo de la aguja medido desde el punto de partida era de 36° , y observó que haciendo mover el micrómetro de modo que las dos esferas se acerquen, cuando la distancia se ha reducido á la mitad, la aguja señala 126° , y si la cuarta parte 567° . La torcion del hilo es igual á la separacion de las esferas mas el ángulo descrito en sentido contrario por el micrómetro, lo que da para las tres operaciones 36° , $18 + 126$ y $9 + 567$, ó bien 36 , 144 y 576 ; y como estas cantidades son entre sí como los números 1 , 4 , 16 , y las distancias como 1 , $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, resulta que las repulsiones eléctricas están en razon compuesta de las cantidades de fluido, y en razon inversa del cuadrado de las distancias.

Las atracciones eléctricas siguen la misma ley: se introduce en la caja ABCD un hilo que impida á la esfera m ponerse en contacto con la d , y colocada la aguja junto al hilo procurando que el alambre de plata no se tuerce, se

comunica á la esfera d cierta tension eléctrica; entonces se hace girar el micrómetro para que el brazo de la aguja $m n$ se aleje del hilo que intercepta la comunicacion, y se observan las torsiones que corresponden á las distancias 1, 2, 4, etc.

437. Ahora bien, sabiendo el ángulo de torsion cuyo valor será x , y representando por t la fuerza de torsion para cada grado que recorre la aguja, xt será la fuerza del ángulo x , que se halla en equilibrio con la repulsion r á la distancia $d = 2 \operatorname{seno} \frac{1}{2} x$; suponiendo que l indica la distancia del eje del hilo micrométrico al centro de la esfera. Para establecer una comparacion exacta entre las fuerzas eléctricas repulsivas, hay que buscar diversas posiciones de equilibrio variando la del hilo micromético. Coulomb para las atracciones hace que el hilo de seda sea sin torcer y coloca la esfera á mayor distancia del eje de suspension. Electrizado el disco de talco y la esfera, y tocándolos con dos cuerpos electrizados de nombre contrario, se vé que hay atraccion, y el péndulo horizontal de resina laca se separa de su posicion de equilibrio verificando varias oscilaciones. En este experimento se nota, que el tiempo que dura una oscilacion, aumenta en la misma razon que la distancia del disco de talco á la esfera; de donde se deduce, que se verifica en razon inversa del cuadrado de las distancias. Si A representa la fuerza atractiva á la distancia d , y recordamos que la teoria del péndulo da para el tiempo t de una

oscilacion $t = \sqrt{\frac{1}{g}}$, resultará $A = \frac{g}{d^2}$ siendo g la atraccion que corresponde á la unidad de distancia para que las dos cantidades d y t sean proporcionales.

438. El mismo físico con su balanza demostró, que las fuerzas atractivas ó repulsivas de los cuerpos electrizados, son proporcionales á los productos de las cantidades de electricidad libre que contienen dichos cuerpos. La canti-

dad de electricidad libre que contiene un cuerpo, es proporcional á la raíz cuadrada de la torsion que mide la repulsion á igual distancia, si el cuerpo tiene las mismas dimensiones que aquel con quien ha dividido su fluido. El mismo fenómeno tendria tambien lugar, aun cuando los cuerpos entre los que se verifica la repulsion, tuviesen distintas dimensiones; por que en estos casos la electricidad se divide entre ellos de un modo constante, y el producto de las cantidades de fluido que ambos tengan, es igual á una cantidad constante, multiplicada por el cuadrado de la cantidad de electricidad de uno de ellos. Cuando se opera con la balanza de Coulomb, es necesario que las esferas tengan comunicacion con los cuerpos malos conductores, y que el aire del aparato esté bien seco, empleando uno de los varios medios que suministra la quimica; sin estos requisitos se puede incurrir en errores que alteren los resultados de la observacion: ademas hay otras tres causas que influyen en la exactitud de la experiencia.

439. La electricidad solo reside en la superficie de los conductores, y está retenida por el aire que los rodea: electrizando una esfera hueca de metal se vé, que el fluido se halla acumulado en la capa exterior. Cuando un cuerpo electrizado se pone en el recipiente de una máquina neumática y se hace el vacío, se nota que pierde todo el fluido.

LECCION LXXVI.

Electricidad por influencia.--Máquina eléctrica.--Explicacion de su carga.

440. Se llama *electricidad por influencia*, á la electricidad estática cuya accion se manifiesta á cierta distancia, por la descomposicion del fluido neutro de otro cuerpo que está dentro la esfera de actividad. Electrízase el cuerpo A, fig. 176, y acercándole el cilindro aislado B que

tiene en las estremidades dos péndulos sostenidos por hilos conductores, se nota que los fluidos de nombre contrario se atraen: si A se ha electrizado positivamente, al descomponer el fluido natural de B atrae la electricidad negativa y repele la positiva, que vá acumulándose en la parte opuesta; de modo que electrizando una barra de lacre y aproximándola á la esferita *x* es repelida. Las acciones eléctricas por influencia ora tengan lugar entre fluidos de distinta naturaleza, ó por que se verifiquen con un mismo fluido, se presentan sobre las electricidades libres ó combinadas, de modo que la comunicacion eléctrica tiene lugar al través del aire atmosférico. Un cuerpo electrizado por influencia, obra á la vez sobre las sustancias que están dentro de su esfera de actividad; pero así que cesa dicha influencia, los cuerpos vuelven á su estado natural.

La descomposicion del fluido natural por influencia se verifica instantáneamente; de suerte, que si se suspende la accion del cuerpo descomponente, la recomposicion es tambien instantánea. Esta accion se disminuye separando la sustancia electrizada, la intensidad de la fuerza se rebaja y la recomposicion sigue igual graduacion; si se quitan al cuerpo electrizado pequeñas chispas, se observa que la recomposicion se verifica poco á poco, y cuando se saca una sola capaz de descargarlo, los dos fluidos por su mútua atraccion se reunen y se descomponen subitamente. Estos movimientos bruscos en toda la masa producen sacudimientos mecánicos, llamados choque de vuelta, de *retorno* ó de *retroceso*, ó presentan alteraciones químicas de consideracion. Cuando dos cuerpos de igual naturaleza, figura y dimensiones se electrizan con un mismo fluido, pero en cantidad diferente, se atraen por la descomposicion del fluido natural de uno de ellos, lo que engendra nuevas fuerzas. Esto indica, que si se desea conocer con un péndulo aislado la clase de fluido que se acumula á un cuerpo, debe aproximarse gradualmente y ob-

servar con cuidado los movimientos de atracción y repulsión.

441. Para explicar los fenómenos de la electricidad por influencia, se ha admitido la existencia de dos fluidos muy sutiles, cuyas moléculas similares se rechazan, y se atraen las de naturaleza distinta: estos fluidos se hallan mutuamente combinados en todos los cuerpos, y se manifiestan así que se les espone bajo ciertas circunstancias; pueden separarse por el simple frote, y entonces uno de los cuerpos frotados adquiere el fluido positivo y el otro el fluido negativo, ofreciendo los cuerpos al fluido libre una conductibilidad mas ó menos perfecta. Todas estas hipótesis se admiten para explicar los fenómenos eléctricos. Coulomb demostró, que cuando falta el equilibrio eléctrico ó cuando se pone en libertad uno de los dos fluidos, éste reacciona sobre sí para dividirse con increíble velocidad por toda la masa, y aun por el globo de la tierra; pero como no se halla ningun cuerpo con una absoluta conductibilidad, el fluido llega hasta la superficie, y es atraído por la masa de aire que rodea el cuerpo. El fluido libre se halla en la superficie (439), y en el interior no se nota señal alguna de su presencia.

M. Poisson por medio del cálculo, ha demostrado el principio de Coulomb sobre la distribucion de fluido en la superficie de los cuerpos conductores, y ha probado que está conforme con la esperiencia. El calculo no ha llegado á descubrir si el fluido libre se halla únicamente en la superficie propiamente dicha, ó si penetra algunas capas de las que constituyen el cuerpo. Parece razonable admitir el espesor eléctrico, en cuyo caso habrá dos superficies eléctricas, y será este espesor la distancia que comprende estos dos límites.

Cuando una molécula de fluido impulsada por las fuerzas repulsivas, se halla en la superficie exterior del cuerpo, tiende á escaparse para difundirse por entre las sustancias

que la rodean; pero el aire seco le opone una resistencia que no puede vencer. Por esta razon el fluido desaparece en el vacio, y los conductores de la máquina no se cargan si el aire está húmedo. La molécula de fluido libre es rechazada por las de igual naturaleza, y la resultante de todas estas acciones se destruye por la resistencia del aire; pero esta resistencia es igual al producto del espesor de la capa por la fuerza repulsiva de una molécula, y la repulsion equivale al espesor de la capa sobre el punto que se considera; de modo que la presion que egerce el fluido eléctrico sobre el aire atmosférico, es lo que constituye la *tension* de la electricidad libre, la que es proporcional al cuadrado de este espesor. M. Poisson ha procurado por el análisis matemático, determinar la ley de la electricidad libre cuando se distribuye por la superficie de los cuerpos: en las esferas la relacion de los espesores eléctricos en las estremidades opuestas de los diámetros trazados en el punto de contacto, su limite es de 1, 65; pero en los elipsoides de revolucion los espesores de la capa eléctrica en las estremidades de los dos ejes del elipse meridional, están en la relacion de sus ejes.

442. Sentados estos principios y admitida la hipótesis de los dos fluidos, sea un cuerpo A electrizado positivamente por influencia, fig. 177, que se ha colocado á una distancia conveniente del cilindro B, que es un conductor aislado; la electricidad de A descompone el fluido neutro de B, y en su parte mas próxima atrae el fluido negativo y repele hácia los puntos mas distantes el positivo: la tension en el punto *c* debe ser mayor que en el extremo *e*, y como el cilindro B contiene la misma cantidad de los dos fluidos, la línea neutra *m n* se halla mas inmediata á *c*: esta proximidad aumenta á medida que se acerca el cuerpo A. Ahora bien, si se retira el cuerpo A, y se toca B con un conductor aislado, los dos fluidos que antes se separaron por influencia vuelven á combinarse, y para constituir el fluido neutro faltará

la cantidad que quitó el conductor; de modo que B conservará una porción de electricidad libre, de naturaleza diferente del que se separó, y cuya cantidad está representada por la que quitó el contacto. Ultimamente, si B se pone en comunicacion con un conductor, que se halla en contacto con el receptáculo comun, estando bajo la influencia de A, despues que éste se ha retirado ó que el fluido esté neutralizado, B permanece cargado de fluido de nombre contrario.

443. Las atracciones y repulsiones de los cuerpos electrizados se esplican con los mismos principios, y pueden ofrecer los casos siguientes: 1.º que los cuerpos esten electrizados con fluido de diversa naturaleza, y sean malos conductores; 2.º que sean buenos conductores, y se hayan cargado con diferente electricidad; 3.º que siendo buenos conductores solo se haya electrizado uno de ellos; 4.º que uno sea conductor y esté electrizado, y el otro mal conductor se encuentre á su estado natural.

En el primer caso, las capas eléctricas retenidas en la superficie por una fuerza desconocida que impide la conductibilidad, y por la resistencia del aire, se atraerán arrastrando consigo á las masas de materia, con tal que estas ó alguna resistencia no se opongan á ello; pero al aproximarse cada cuerpo conservará sensiblemente su estado eléctrico. En el segundo caso, las capas eléctricas están sostenidas por la resistencia del aire, y las masas quedan fijas; pero así que las resistencias sean mas débiles y la presión sobre el aire menor que la resistencia, entonces se moverán. En el tercer caso, el cuerpo electrizado descompondrá á cierta distancia el fluido natural de otro cuerpo, y su superficie se hallará cubierta de dos capas de fluido de nombre contrario; de modo que partiendo de un círculo comun perpendicular á la línea que une las dos esferas, donde será nulo el espesor, la intensidad del fluido irá aumentando desde este punto á la línea de los centros. Ulti-

mamente, en el cuarto caso la atraccion se desarrollará paulatinamente, porque la separacion de los fluidos por influencia se verifica á distancia con bastante dificultad. Podrá suceder que dos cuerpos conductores cargados de la misma clase de fluido se aproximen, en cuyo caso, si uno de ellos es muy pequeño con relacion al otro, la repulsion á cierta distancia pasa á ser atraccion.

444. Cuando un conductor cargado de electricidad y aislado se abandona á sí mismo, pierde poco á poco el fluido hasta quedarse otra vez en su estado natural. Las causas de esta pérdida son debidas á la humedad del aire, á la conductibilidad mas ó menos grande de los cuerpos flotantes, al contacto del aire aun cuando esté seco, y á el polvo que cubre el conductor y los aisladores. Esta dispersion de fluidos está sujeta á leyes que el fisico sabe apreciar.

445. Las máquinas eléctricas son unos aparatos, con los que se excita la electricidad por frotacion, y luego se acumula en un cuerpo aislado de superficie metálica. La máquina eléctrica comun, fig. 178, consta de un disco de cristal, que gira verticalmente con el manúbrio *b*, frotando en las almohadillas *c c*, hechas de tafilete y henchidas de crin: para excitar el fluido se les dá con una amalgama compuesta de una parte de zinc, otra de estaño, dos de mercurio y una poca de manteca: tambien se emplea el oro musivo. La cara posterior de las almohadillas comunica con el receptáculo comun por medio de una varilla metálica embutida en la armadura. El conductor *d d* se construye con laton, y está aislado por los piés de cristal: el conductor puede ser de hoja de lata, ú otra sustancia metálica cualquiera, y yo los he hecho de madera cubiertos con papel dorado ú hoja de estaño. Importa que tenga bastante superficie respecto á su masa, y llena mejor el objeto siendo delgado que cuando es corto y grueso: la estremidad opuesta al disco termina con una esfera, y

la inmediata con seis á ocho puntas separadas del cristal como de media línea. Se puede aumentar la intensidad del fluido que se acumula al conductor, dirigiendo hácia las almohadillas dos armaduras de hule de seda, que cubren los dos cuadrantes opuestos del disco: de este modo se evitan las pérdidas que ocasiona el contacto del aire con el disco.

El movimiento de rotacion del disco desenvuelve las dos electricidades; la positiva, retenida sobre sus dos caras, se trasmite al conductor, y la negativa pasa por medio de la varilla, de las caras de las almohadillas al receptáculo comun. La trasmision del fluido positivo se verifica por influencia; la electricidad vítrea de las caras del cristal descompone la natural del conductor, atrae la negativa para formar fluido neutro, y la positiva queda en la superficie metálica. La carga del conductor tiene su máximo, y llegado á este grado es inútil acumular mas fluido; pero si hallándose el conductor cargado cesa la rotacion, perderá la carga, bien por las mismas puntas, ó por el aire atmosférico. El aire seco sirve de aislador; pero estando húmedo adquiere la facultad conductriz, por cuya razon se seca la atmósfera que rodea el conductor. Cuando se desean obtener grandes chispas á alguna distancia, se emplean conductores aislados, que se ponen en comunicacion con la máquina: estos se llaman *conductores secundarios*. La máquina de Van-Marum, de Harlem, está dispuesta de modo que se puede recoger en el conductor la electricidad vítrea ó resinosa, segun desea el fisico que opera. Nairne ha dispuesto una máquina eléctrica, que á la vez da los dos fluidos sobre dos conductores: consiste en un cilindro hueco de cristal, que gira horizontalmente sobre el eje.

446. M. Armstrong ha dado á conocer la *máquina hidro-eléctrica*, donde el fluido proviene del roce del vapor acuoso. Esta máquina consta de una caldera de vapor,

parecida á las que usan las locomotoras, de figura cilíndrica, con el foco en la parte inferior, y construida de chapa de hierro: el aire caliente que sale del foco, se escapa por muchos tubos que atraviesan el agua. La caldera tiene 1 metro de diámetro y 2,45 de longitud, comprendiendo la caja de vapor, y está sostenida por seis piés de cristal de un metro de altura. El vapor cuando sale de la caldera, pasa por tres tubuluras á un largo cilindro horizontal, en parte se condensa por el contacto del aire, y la mezcla de vapor y agua se desprende por 46 tubos encorvados, que cada uno remata por un pequeño tubo de madera rodeado de otro de latón: el vapor entra en los tubos de madera por un orificio lateral de 4 milímetros de diámetro, y al poco trecho encuentra un pequeño plano que sirve de obstáculo para que dé la vuelta por el interior del tubo. El vapor á la salida halla unos alambres metálicos á la manera de peine, que están comunicando con la tierra, y cuyo oficio es apoderarse del fluido eléctrico que tiene el vapor, para que no vuelva á la caldera. Esta máquina produce cerca de 50 veces mas efecto que la gran máquina de disco que posee el Instituto Politécnico, cuyo diámetro es de 2,^m27.

447. Para medir el fluido libre y dar á conocer su naturaleza, se emplean los *electróscopos* ó *electrómetros*. Los mas sencillos son, el *péndulo eléctrico simple*, fig. 173, el *péndulo doble*, fig. 174, y la *aguja eléctrica*, fig. 179, que consiste en un alambre de cobre con dos esferitas huecas en los extremos; algunas veces el péndulo doble se dispone dentro de una campana, fig. 180, para evitar la influencia del aire. El *electrómetro de láminas de oro*, consta de dos laminitas de oro: en todos ellos para evitar que el cuerpo ligero que se separa se adhiera á las paredes de la campana, tienen dos esferitas metálicas que comunican con el receptáculo comun, fig. 181.

El *electrómetro de Coulomb* es una balanza eléctrica:

consta de una hebra de seda sin torcer, fig. 182, una aguja de resina laca y un disco de papel dorado: la hebra está fija en *p*, la caja de cristal *x x'* la preserva del aire, y la tapadera *m m'* tiene un agujero *i* para introducir los cuerpos electrizados, si la acción no es bastante para que la aguja describa un arco al través del cristal. Para las máquinas eléctricas suele emplearse el electrómetro de Harley, fig. 183, que es una columnita de ébano con un semicírculo de marfil, de cuyo centro pende una paja, que tiene en la punta una esfera de médula de sauco. Además se conocen los electrómetros de Caballo, el de Volta, el de Bennet, etc.

LECCION LXXVII.

sup Electricidad latente.---Medios de hacer constar su presencia.

448. Se llama *electricidad latente* ó *disimulada* al fluido descompuesto, retenido sobre las caras de las sustancias conductoras y separado por cuerpos ídeo-eléctricos. Los dos fluidos desean traspasar la lámina que los divide, lo que consiguen cuando esta lámina es delgada, y entonces dejan señales evidentes de su acción; pero si no pueden recomponerse, las superficies conductoras se hallan muy cargadas ó muy densas. Durante la recomposición de las dos electricidades suele agujerearse el cristal, y se ven varias hendiduras en un disco de resina ó azufre. Esta recomposición puede ser súbita, ó verificarse con lentitud: en el primer caso, una parte de fluido se difunde por el aislador, por la tensión que existe sobre cada punto de contacto, ó salta una chispa, quedando el aparato descargado; en el segundo falta el equilibrio eléctrico, por la sustracción de cierta cantidad de fluido de una de las ca-

ras: entonces uno de los fluidos predomina, y el aparato se descarga poco á poco.

449. Sean dos discos aislados D y D' , figura 184, colocados sobre las dos caras de la lámina ideo-eléctrica L , y provistos de los dos péndulos p y p' . Si se electriza la lámina D , se observa que los péndulos p y p' se separan de su posición vertical, lo que indica que la lámina D' se ha electrizado por influencia, y su intensidad aumenta á medida que disminuye la distancia que separa los dos discos. El fluido negativo acumulado hacia la superficie anterior de D , está limitado por la atracción que la electricidad positiva rechazada sobre la cara posterior ejerce en sí misma, y el fluido aumentaría hasta su máximo si dicha atracción pudiera destruirse.

La influencia atractiva se puede evitar poniendo el disco D' , cuando está bajo la acción de D , en contacto con el receptáculo común; entonces el péndulo p' adquiere su posición vertical: esta circunstancia indica que la lámina D' ha perdido su electricidad; pero conserva aun la de carácter negativo, por cuya razón el péndulo p' se separa. Sucede que estando D' en contacto con la tierra, parece que falta el fluido que se acumuló en D , porque se nota que el péndulo p viene á adquirir la posición vertical; pero como D está aislado, la menor tensión eléctrica en la cara posterior indica una nueva distribución de fluido en el cuerpo, que se ha verificado en igual cantidad. De aquí se puede deducir, que una vez electrizado D , poniéndole en contacto con un origen de fluido positivo constante, la nueva distribución produce la separación de la electricidad positiva que tenía la lámina D' para marcharse en el depósito común, y el cuerpo D puede admitir otra nueva cantidad de electricidad, luego una tercera dosis, etc., mientras permanezca en comunicacion con la fuente ú origen de fluido.

Pero téngase presente, que cada nueva dosis descom-

pone otra igual del fluido natural de D' , y entonces se separa el péndulo p' , porque la electricidad positiva es rechazada hacia la cara posterior; mas si otra segunda vez se pone D' en contacto con la tierra, se descarga del fluido positivo, y acumulándose la electricidad negativa sobre la cara anterior, altera la distribución de fluido en D ; el péndulo p indica que la tensión ha disminuido, y que D puede admitir otra nueva cantidad de electricidad. Según esto, poniendo sucesivamente los dos discos D y D' , el primero en contacto del origen de fluido y el segundo con la tierra, se puede acumular sobre la lámina D una cantidad de electricidad positiva, mayor que la que puede recibir por la fuente permanente, con tal que se separe D' . Esta acumulación de fluido podrá efectuarse del mismo modo y con igual intensidad, si D deja de comunicar con la fuente de electricidad y D' con el receptáculo; pero cuando estas comunicaciones son periódicas y alternadas, como se ha indicado, la acumulación tendrá lugar, y se manifestará con los péndulos p y p' . Cuando D' está en contacto con el receptáculo, el péndulo p' adquiere la posición vertical, y el p se halla mas ó menos inclinado: esto demuestra que la lámina D contiene mayor cantidad de fluido positivo, que la correspondiente de negativo en D' , porque la electricidad negativa de esta lámina se ha hecho latente ó se queda disimulada.

Ahora bien, si $+F$ representa el fluido positivo de D que obra sobre el negativo $-f$ de D' , puesto que ha rechazado hacia el receptáculo común la cantidad de fluido positivo $+f$ de D' apesar de la atracción que á una distancia menor ejercía $-f$, claro está que esta electricidad negativa permanecerá sobre la cara anterior por la influencia de $+F$; pero este mismo fluido positivo mantendrá una porción de electricidad $-F$ sobre la lámina D , en virtud de la atracción ejercida hasta cierto punto por el contacto; de suerte, que la cantidad $-f$ que $+F$ retiene sobre D' por

efecto de la atraccion, es menor que $-F$ de un valor absoluto. Sea x el fluido que D adquiere del origen de electricidad cuando D' se ha separado; si estando D en comunicacion con esta fuente, se aproxima D' que está en contacto con el receptáculo comun, se acumulará sobre D una cantidad $+F$ mayor que x , y D' contendrá una porcion $-f$, que estará latente ó disimulada; de modo que f será menor que F . La relacion $\frac{f}{F}$ es menor que la unidad, y

depende de la distancia de los dos discos; esta relacion se puede representar por m , y se tendrá la igualacion $f=mF$.

Aislando los dos discos D y D' puestos en presencia, que uno tiene F de electricidad positiva y otro f de fluido negativo latente, claro está que poniendo D en contacto con la tierra, se derramará la cantidad x de fluido, porque esta es la que tomó del origen euando D' no ejercia influencia alguna; pero siempre quedará sobre D una porcion de fluido positive F' , que quedará latente por la influencia de la electricidad f que contiene D' . En este caso f será mayor que F' , y se tendrá la ecuacion $F'=mf$; de donde resulta que $F'=m^2F$, y como $F-F'=x$, se deduce que

$$\frac{F}{x} = \frac{1}{1-m^2}. \text{ Asi, la relacion de } F \text{ á } x \text{ será tanto mayor}$$

cuanto m se acerque mas á la unidad. Pero si interrumpimos el contacto de D con la fuente de fluido, y de D' con el receptáculo comun, el péndulo p se levanta y p' queda vertical; y tocando la lámina D , entonces p cae y se levanta p' : este fenómeno se repite en sentido contrario, y puede obtenerse muchas veces.

450. Cuando se quiere verificar la descarga de los dos discos aislados, se establece entre ellos una pronta comunicacion con el *excitador*, fig. 185. Consiste en dos brazos metálicos sostenidos por otros tantos mangos de cristal, girando de un centro para separar y aproximar los extremos de los brazos.

LECCION LXXVIII.

Condensadores.--Botella de Leyden.

451. La teoria de la electricidad latente da á conocer varios aparatos, por medio de los que se consiguen los fenómenos mas importantes del fluido eléctrico. Se llama *condensador* á todos los aparatos que sirven para acumular la electricidad sobre una superficie, valiéndose del fluido latente; la cantidad que se consigue es mayor que la obtenida del origen que la produce. En general, el condensador consta de dos láminas metálicas separadas por otra de cristal; pero muchas veces ha de indicar cantidades de fluido muy pequeñas, y entonces se interpone una capa de barniz de poco espesor.

452. El condensador de láminas de cristal, fig. 186, retiene una cantidad estrordinaria de fluido. Consta de dos discos conductores *a* y *a'*, separados por una lámina de cristal *b*; estando los dos discos cargados, la atraccion entre las dos electricidades hace que las superficies opuestas compriman las caras del cristal.

453. El *condensador de Volta*, fig. 187, se compone del platillo metálico aislado, llamada *colector*, que descansa sobre un disco de madera cubierto de tafetan barnizado, y susceptible de impedir la reunion de las dos electricidades.

454. El *electrómetro condensador*, fig. 188, consta del electróscopo de láminas de oro *A*, que tiene en la parte superior y en comunicacion con las pinzas que sostienen las láminas, un platillo metálico cubierto con una capa de barniz de resina laca; un segundo platillo *B*, con el mismo barniz y aislado por un mango de cristal constituye el condensador: la capa de barniz impide la recomposicion de los

fluidos. Este aparato es de una sensibilidad esquisita: para conocer la presencia del fluido eléctrico, basta colocar el platillo inferior en contacto con el origen de fluido, y el superior con el receptáculo comun; desde luego se nota, que la electricidad se ha acumulado. Si entonces aislamos los platillos y se separa el superior, el fluido latente del platillo inferior se presenta en libertad, y se indica por la separacion de las láminas de oro.

455. El *electróforo* fué descubierto por Wilke: consiste en una *torta* de resina vaciada en un molde de hoja de lata, vestida en el espesor con un aro de madera, y de un disco ó platillo de superficie metálica con un mango de cristal que se llama *colector*; una piel de gato sirve de excitador. Cuando se frota ó golpea con la piel la torta resinosa, la superficie superior se electriza negativamente, y la inferior positivamente. La torta se compone de 10 partes de resina laca, 3 de resina de pino, 2 de trementina de Venecia, 2 de cera y $\frac{1}{4}$ de pez griega. En los gabinetes de fisica hay un eslabon de gas hidrógeno, que se inflama con una chispa eléctrica, que proviene de un *electróforo* colocado en la parte inferior del aparato. El mecanismo que sirve para abrir la llave de paso levanta una palanca, de la que está suspendido el platillo, que se mueve sobre una visagra; la electricidad latente del platillo, se trasmite por un conductor aislado al gas hidrógeno que sale por la llave y lo inflama.

456. La *Botella de Leyden* viene á ser un excitador, y consta de dos superficies conductoras separadas por otra no conductriz. Es un frasco de cristal cubierto por ambas caras con hoja de estaño hasta un poco mas de la mitad de su altura; la boca está tapada con un corcho cubierto de lacre, atravesado de una varilla metálica que concluye con una esfera por la parte exterior, y por la interior está en contacto con la sustancia metálica. La *armadura exterior* es la porcion de hoja de estaño que cubre el frasco, y la

Armadura interior el metal que se halla dentro de él, que puede ser hoja de lata, panes ó hilo de plata ó de oro, alambre de latón, talco, etc., fig. 187. Cuando la botella tiene las dos armaduras movibles, se emplea para demostrar, que si se descarga instantáneamente, el solo contacto del excitador no es suficiente para que adquiera de nuevo su estado natural, porque los dos fluidos abandonan las armaduras para colocarse sobre las caras opuestas del cristal, donde se atraen mutuamente. Para cargar la botella se sostiene con la mano por la armadura exterior, y se pone el botón en contacto con el conductor de la máquina eléctrica, ó á una pequeña distancia: una vez cargada se pone con cuidado sobre un aislador, y la cantidad de fluido acumulado constituye la carga. La carga es proporcional á la superficie de las dos armaduras, y á la tensión de la que estuvo en contacto del origen de electricidad; de modo que la carga es proporcional á su tensión, la que se mide por la distancia á que salta la chispa. La armadura interior se carga positivamente si se dispone como se ha manifestado; pero cuando la armadura exterior está en contacto con el conductor y la interior con el receptáculo común, el fluido positivo está al exterior y el negativo en la interior. Para verificar la descarga de una botella se emplea el excitador (450).

457. Cuando se reúnen varias botellas de Leyden, de modo que las armaduras exteriores comuniquen unas con otras, y las interiores pueden electrizarse simultáneamente, se obtiene la *batería eléctrica*. La batería se consigue también á la manera de cadena, poniendo muchas botellas de modo que la armadura exterior de cada una esté en contacto con la interior de la siguiente; ambas baterías se cargan poniendo en comunicacion la armadura interior de la primera botella con el conductor de una máquina, y la armadura exterior de la última con la tierra. Como en este aparato ha de acumularse para cargarlo mayor can-

tividad de fluido, la conmoción que produce puede ser fatal para el que la recibe. Para no experimentar sus efectos han de tomarse cuantas precauciones dicte la prudencia, porque suele ser tan activa, que mata a los animales pequeños. Cuando las baterías no están en columna, se disponen en una caja con sus divisiones, cuyo interior está forrado de hoja de estaño y en comunicación con la tierra, y las armaduras interiores se reúnen en un boton que está en el centro.

Se llama *carga por cascada* cuando se dispone una batería según representa la fig. 190: el fluido positivo de la máquina es conducido á la primera botella, cuya armadura interior carga la con este fluido, repele la electricidad del mismo nombre que tenía la armadura exterior, la que va á cargar la interior de la segunda botella, y sucesivamente todas ellas quedan cargadas de fluido positivo; pero la primera es la que tiene mayor cantidad. La descarga de toda batería se verifica con el excitador; pero sucede que cuando los condensadores tienen un gran desarrollo de superficie, una descarga no basta para separar todo el fluido, y el excitador da una segunda chispa pasado algun tiempo; esto mismo sucede con una sola botella, siempre que la carga es muy grande. Si los fluidos se descargan y no se presentan como electricidad, aparecen con todos los caracteres de calor y luz, á no ser que el cuerpo al traves del que se verifica la descarga, no pueda admitir el fluido acumulado.

458. Según lo que acabamos de indicar, estos instrumentos son susceptibles de grandes efectos fisiológicos. La sensación que se experimenta al descargar una botella, se trasmite á un número indefinido de personas, y todas á la vez sienten igual conmoción: estos resultados aumentan con la superficie de la armadura, lo que hace mayor la intensidad de la carga.

459. La descarga de una botella de Leyden ó de una

bateria, presenta efectos físicos y efectos químicos. Los primeros dependen de la naturaleza de las sustancias sobre que obra, y de su mayor ó menor conductibilidad. Los cuerpos malos conductores bajo la influencia de una descarga eléctrica se rompen, se desgajan, ó se hacen agujeros en una direccion determinada: las sustancias muy combustibles, como el alcohol, el éter, la pólvora, el gas hidrógeno, etc., se inflaman, los hilos metálicos se enrojecen, y los de oro se volatilizan. El aparato con que se obtienen tales resultados mecánicos y caloríficos, se llama *excitador universal*. Consta de dos varillas metálicas *a b* y *c d*, fig. 191, aisladas por las columnas de cristal *P* y *Q*, y con movimiento en *o*. En medio hay un sustentáculo *x* que se eleva con el tornillo *t*, y sostiene los cuerpos sobre que se quiere hacer pasar la descarga. Las varillas pueden tambien elevarse en *o*, y por este medio adquieren diversas posiciones: para funcionar se pone el extremo *a* en comunicacion con la armadura exterior de la botella de Leyden, y el *d* con la interior, y la recomposicion de los fluidos al traves del circuito, presenta los fenómenos indicados sobre los cuerpos que están en el sustentáculo *x*, para lo que se destornillan las esferas *b* y *c*, y las puntas metálicas se ponen en contacto con ellos.

460. Los efectos químicos son de grande importancia: los gases oxígeno é hidrógeno se combinan con el pistolete de Volta, se descomponen varios compuestos gaseosos, y para los análisis se usa tambien la descarga. La expansion que produce la chispa de una botella sobre los gases es tan grande, que puede lanzar una bala á una distancia mas ó menos considerable: de ahí ha provenido el mortero eléctrico.

461. La combinacion de las dos electricidades en un medio mal conductor, y la pérdida de uno de los fluidos por el aire, va acompañada de la luz eléctrica. Este fenó-

meno se observa en el vacío y en el aire. El paso del fluido en el vacío se ve con un tubo apropiado que se atornilla á la platina de la máquina neumática, ó con un vaso elíptico llamado *huevo eléctrico*, fig. 192. Si se hace el vacío y se pone en comunicacion la varilla *a* con la máquina eléctrica, estando *b* en contacto con el receptáculo común, la luz eléctrica llena la capacidad; pero dejando penetrar un poco de aire, la luz se concentra formando arcos de color purpurino. La esfera *x* inmediata á la máquina, produce penachos de fluido positivo, y la *x'* un punto luminoso debido al fluido negativo. En el estado actual de la ciencia no se puede explicar la causa de la luz eléctrica: se dice que resulta de la rápida presión del aire; pero esto no basta, porque en el vacío barométrico y á una temperatura mas baja que aquella que produce vapores mercuriales, se presenta la misma luz.

462. Parece que la naturaleza de los cuerpos sobre que tiene lugar la descarga, influye en el color de la chispa. M. Fusinieri ha probado, que la electricidad arrastra particulillas de metal perfectamente fundidas: la fuerza que desprende estas particulillas en una fuerza de repulsion debida al fluido libre acumulado sobre cierto espesor de la superficie del conductor. Ultimamente, Mr. Wheatstone dice, que un hilo de 0^m,002 de diámetro, propaga el fluido eléctrico con una velocidad de 115000 fleguas por segundo próximamente.

LECCION LXXIX.

Influencia de los cuerpos terminados en punta. — Aplicacion á los para-rayos.

463. Las puntas derraman el fluido eléctrico y lo dispersan sin explosion: basta hacer comunicar el conductor

de una máquina eléctrica con una punta metálica, y se observa que el fluido de que se carga el conductor, se escapa por la punta formando un penacho luminoso, y el conductor no da señal alguna de electricidad. Para explicar los efectos de las puntas, se han dado muchas hipótesis; pero las de Coulomb y Poisson son las que están mas conformes con la experiencia. El primero, poniendo en contacto un pequeño disco de papel dorado con su mango de resina laca, en un punto de la superficie electrizada, demuestra que la tension adquirida por este contacto, es proporcional á la del punto del cuerpo que se ha tocado; esta tension se mide con la balanza eléctrica, repitiendo el experimento en el mismo punto tres ó cuatro veces por intervalos de tiempo igual, y midiendo en cada uno la tension que ha adquirido el plano de prueba: comparando las tensiones adquiridas por el disco con las que corresponden al cilindro, se nota que son proporcionales á las del punto tocado.

Admitido este principio, basta tocar sucesivamente los diferentes puntos donde se quiere medir la tension, y averiguar con la balanza la tension del disco, tomando siempre las precauciones que reclama la exactitud científica. La tension de los cuerpos esféricos es igual para todos los puntos, y esta figura es la única que tiene uniformidad de tension; en los prismas ó los cilindros muy prolongados, la tension es sensiblemente igual desde el medio hasta unos 27 milímetros de distancia de los extremos, y desde este punto crece con mayor rapidez; en las placas circulares empiezan las variaciones pasados los 6^m,081 ó 0^m,408, y desde este limite ereden rápidamente, notándose que los puntos equidistantes del centro tienen la misma tension; en el elipsóide la tension aumenta en los extremos del eje mayor, y en las puntas es mas intensa cuando son mas agudas. Segun M. Poisson, las tensiones en los extremos de los ejes de un elipsoide, son proporcionales á

las longitudes de los ejes que pasan por estos puntos; de modo, que si se considera que uno de estos ejes es infinito con relacion á los otros dos, lo que trasformará los extremos del elipsoide en puntas, la tension será infinita. Segun esto, toda punta muy aguda puede considerarse como el polo de un elipsóide de revolucion muy prolongada, donde se acumula todo el fluido eléctrico, y adquiere una tension mayor que la resistencia que le oponen el aire: esta propiedad constituye el *poder de las puntas*.

464 Frank fué el inventor del *para-rayos*, fundado en el poder de las puntas: este aparato tiene por objeto difundir la electricidad de las nubes en el receptáculo comun, valiéndose de una serie de cuerpos conductores que se hallan en contacto con la tierra. El fluido natural se descompone neutralizando la electricidad de la nube, y esta neutralizacion se verifica muchas veces sin explosion. Se ha dicho que los para-rayos han de concluir en punta, y algunos fisicos creen que esta circunstancia no es indiferente. Es innegable que las puntas muy agudas extienden su influencia á mayor distancia; pero un edificio se preserva con varios para-rayos que rematan con esferas: la electricidad sigue siempre los conductores para llegar al receptáculo comun.

Los para-rayos son unas varillas metálicas de dimensiones apropiadas, que se colocan en la parte superior de los edificios sin tocarlos, y luego comunican con la tierra por medio de conductores metálicos. Estas barras son de hierro y tienen 9^m,60 de longitud: se hallan unidas á un espárrago, que se eleva de un metro sobre el edificio, ó se dispone de modo que no haya contacto alguno entre la barra y el local que se desea preservar. Al extremo de la barra de hierro se suelda una varilla de cobre de 0,50 y á continuacion otra de oro ó de platino de 0,50 que remata con punta. Es de absoluta necesidad que esta punta no pueda oxidarse ni fundirse, porque perderia la conductibilidad ó

produciría explosión: el platino es el metal mas á propósito para este objeto.

El conductor sigue el camino mas corto, y se construye con alambres de hierro á la manera de cuerda, ó con barras soldadas de un modo conveniente. La cuerda metálica aun cuando se cubra con alquitran, puede oxidarse por la permanencia á la intemperie, y entonces la conductibilidad es menor, pudiéndose interrumpir; por esta razon se prefieren las varillas de hierro. La barra tiene 0^m,05 de diámetro y los conductores 0^m,025. Es conveniente que el conductor se introduzca en el terreno para establecer una pronta y espedita comunicacion, y si este es seco y húmedo, la barra debe ramificarse en varias ramas, que se introducen en la tierra, rodeándolas de carbon fuertemente calcinado ó de coque, á fin de evitar toda oxidacion. Mas si se dispone de un pozo ú otro depósito de agua, basta introducir el conductor en el liquido, aprovechando la conductibilidad de que está dotado; no es indispensable que el conductor esté del todo aislado.

Mr. Charles dice, que una barra metálica en forma de para-rayo puede proteger un espacio circular de un radio doble de la altura de dicha barra. Cuando el edificio es muy grande deben ponerse varios para-rayos, y entonces cada dos barras tienen un conductor: si en él hay grandes piezas de metal se ponen en comunicacion con el conductor. Algunos hacen que el para-rayos concluya con muchas puntas; esto es un error que puede ser perjudicial. Si se desea evitar la accion de las nubes tempestuosas, que los vientos suelen arrojar sobre las paredes de los edificios, se colocan varillas metálicas horizontales ó con alguna inclinacion segun las circunstancias. Para situar un para-rayos debe conocerse la influencia de los vientos. En Granada los vientos del Oeste y Nor-oeste son lluviosos; en Paris los del Sud-oeste, en Barcelona los del Norte, etc.

ó Cuando una nube viene cargada de electricidad positiva

y pasa cerca de un para-rayo, este se carga por influencia; el fluido negativo acumulado hácia la punta neutraliza el positivo de la nube, y el positivo de la barra metálica es rechazado hácia la tierra siguiendo la ruta que marca el conductor. Por este medio la nube se descarga muchas veces sin esplosion, y la electricidad libre queda convertida en fluido natural.

LECCION LXXX,

Electricidad atmosférica; sus orígenes.-- Fenómenos que produce.-- Granizo.

465. La analogía en los efectos de las fuertes descargas eléctricas, y los que se observan en las grandes tempestades, hizo sospechar la posibilidad de hallar una causa comun. Franklin por medio de una cometa de tela de seda trasporta la electricidad de las altas regiones á la superficie de la tierra. Dalibard construye una casita de madera provista de una barra de hierro de 17 piés de altura y observa tambien ciertos fenómenos eléctricos, y de Romas obtiene con estas barras chispas de 10 piés de longitud: Richman, fisico en San-Petesburgo, es víctima de la electricidad atmosférica.

466. Conocida ya la existencia del fluido eléctrico en la atmósfera, nada mas fácil que explicar los fenómenos del relámpago, el rayo y el trueno, y otros que tienen lugar en medio de la capa gaseosa que rodea nuestro planeta.

Cuando dos nubes se hallan dentro de su esfera de actividad, se neutralizan las dos electricidades para formar fluido neutro, que se hace visible en forma de chispas. Lo mismo se observa si solo una de las nubes está electrizada, porque en este caso la otra se electriza por influencia: estas chispas van acompañadas de una luz muy inten-

sa y se dirigen en forma de zig-zag. El relámpago es pues, la chispa, y el trueno el ruido que la acompaña. Si la nube electrizada está cerca de la tierra, descompone por influencia el fluido natural, se forma el fluido neutro y la chispa se parece á las que se desprenden de una poderosa máquina: en este caso constituye el *rayo*. En este fenómeno hay la vuelta del fluido positivo, para que el terreno espuesto á la influencia de la nube adquiera su estado natural, y este retorno hace experimentar á los cuerpos organizados que se hallan en dicha esfera, violentos sacudimientos que pueden herir, asfixiar y matar súbitamente á los animales que se encuentran espuestos á su accion: los físicos le llaman *choque de vuelta ó de retorno*.

467. El fluido eléctrico se halla en la atmósfera en los dias tempestuosos, y en los dias claros y despejados. Para descubrir la electricidad atmosférica se usa una especie de electrómetros, á fin de establecer una franca comunicacion entre el aire á cierta altura y la superficie de la tierra: su intensidad se conoce por la desviacion del péndulo ó de las láminas de oro, observándolo á alguna distancia por medio de una lente movable colocada en el limbo horizontal: estos experimentos se practican a campo raso, y si se hacen en el gabinete, son necesarias muchas precauciones. Saussure empleaba una esfera metálica hueca unida á una cadena, la que lanzaba con toda su fuerza á la atmósfera; el extremo opuesto de la cadena se deslizaba á lo largo de la barra del electrómetro, separándose por efecto de la altura, y el instrumento quedaba cargado de fluido. Los Sres. Becquerel y Breschet han empleado una flecha, que arrojan á la atmósfera por la fuerza de un arco, esta flecha está unida al extremo de un hilo de seda de 80 metros cubierto de talco, y por el opuesto con la barra del electrómetro; el hilo recorre la longitud de la varilla y luego la abandona, y la separacion de los panes de oro indica la intensidad del fluido atmosférico.

Además de los panes debe examinarse la carga del electrómetro, lo que se consigue con una tabla de graduación. Estas tablas se calculan con dos electróscopos iguales, uno que se carga de un modo directo y tocando con la varilla del segundo, el fluido se reparte entre los dos: en este caso la separación de las láminas debe ser la mitad; pero si este instrumento se vuelve á su estado natural y enseguida se pone en contacto del primero, la distribución del fluido se verifica según las mismas leyes, y la separación de las láminas es la cuarta parte. De este modo se consigue una serie de separaciones representadas por fracciones exactas de la carga primitiva, que pueden indicarse por 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, etc.

468. La electricidad de la atmósfera es positiva en los días claros; pero en los tempestuosos el signo es diferente y cambia de un instante á otro. Su intensidad aumenta con la altura, y si el electrómetro no indica en una llanura señal alguna de este fluido en un día de verano, las dá muy marcadas en las altas montañas. Durante los días calurosos el fluido eléctrico atmosférico es menos intenso que en las estaciones frías, y para un mismo día varía de intensidad según la marcha del higrómetro. Este instrumento puede servir para explicar el aumento ó disminución del fluido eléctrico en el aire que nos rodea. Los rayos solares calientan la superficie de la tierra y vaporizan una parte de la humedad, este vapor comunica á las capas de aire intermedio mayor conductibilidad, y el fluido que se halla en las altas regiones se difunde por las capas inferiores; en este caso el electrómetro señala el punto máximo; pero á medida que el sol se eleva en el horizonte, el aire se calienta, se seca y pierde la conductibilidad, y entonces disminuye el estado higrométrico, las regiones elevadas se aíslan de las inferiores, y el electrómetro marca su punto mínimo. Cuando el sol se halla en su ocaso el aire vuelve á adquirir su conductibilidad, y el electróme-

tro sube otra vez. Se ha observado que la carga aumenta progresivamente en los días despejados desde julio á fines de enero, y disminuye poco á poco hasta dicha época.

469. Para explicar el origen de la electricidad atmosférica pretenden unos que proviene de la evaporacion del agua, otros de la vejétation, los hay que la encuentran en las presiones y dilataciones del aire, en el roce contra el suelo, y alguno ha considerado nuestro esferoide como una estensa pila eléctrica ó como un aparato termo-eléctrico. Es probable que todas estas causas contribuyan á ello, pero la fuente principal debe buscarse en las acciones químicas que se verifican en el interior y exterior del planeta.

M. Pouiller dice, que en la evaporacion del agua pura no se nota señal alguna de electricidad, y cuando el líquido tiene alguna sal disuelta, el vapor está cargado de fluido positivo. Durante la vejétation se desenvuelve fluido eléctrico, que proviene de la combustion del carbono ó de la evaporacion del agua. Gay-Lussac opina, que el fluido eléctrico atmosférico está destinado á electrizar las nubes: los glóbulos vesiculares comunican al aire la facultad conductriz y el fluido se acumula á la superficie, y apenas se aproximan dos nubes cargadas de diferente electricidad, hay una esplosion mas ó menos grande, segun la intensidad de la carga y la estension que abraza la nube. La tormenta será el resultado de la accion de varias nubes que obran en distintas direcciones.

470. El rayo hiere ó mata á los hombres y animales, consume los árboles, incendia los edificios, funde, reduce á polvo y volatiliza los metales y derrite las rocas mas refractárias; sigue la direccion de las eminencias, sobre todo si le presentan una conductibilidad espedita; y la intensidad de una accion depende de las atracciones que se establecen entre la electricidad atmosférica acumulada en las nubes, y el fluido contrario de la superficie. Algunas veces el rayo tiene una longitud considerable, y se notan,

repetidos chasquidos que indican una série de chispas eléctricas. La reunion de estos chasquidos dá nacimiento al *trueno*, que resulta de uno ó de muchos, y su prolongacion da la distancia entre las nubes cuyas electricidades se combinan y el punto donde se halla el observador. Multiplicando los segundos que dura el chasquido por la velocidad del sonido en el aire, dá la diferencia que debe existir entre la mas corta y la menor distancia del oido al espacio que recorre la chispa que produjo el chasquido, y multiplicando el de los segundos que pasan desde que se vé el relámpago hasta que se oye el trueno, por la velocidad del sonido, el producto es la menor distancia entre el oido del observador y el punto en que se desprendió la chispa: la chispa eléctrica alcanza de 400 á 500 metros de longitud.

471. El *granizo* se forma siempre en medio de las tempestades; dura poco tiempo, y cae con tanta abundancia, que es el azote de la agricultura. El granizo es una nieve menuda congelada en el seno de la atmósfera, y consta de varios cristales entrelazados para formar un cuerpo duro. Las nubes que dan origen á este meteoro están bajas, de color gris ceniciento y con los bordes escotados; cuando el granizo es de grandes dimensiones, se llama *piedra*. Volta suponía, que las nubes tormentosas absorben una gran parte del calor solar, y disminuye la temperatura por la evaporacion rápida del agua: Bellani modificó esta teoría, y Lecog ha dado otra nueva, sin que se haya conseguido explicar este fenómeno. Parece que el granizo proviene de la accion eléctrica, se nota que están cargados de fluido y ejercen movimientos de atraccion y repulsion. Esta idea se robustece si se atiende al uso de los *para-granizos*: consiste en un espárrago colocado verticalmente en medio del campo, al que se añade una barra de hierro que concluye con una punta de plata ó de platino; desde la barra metálica hasta la superficie de

la tierra se establece una fácil comunicacion con una cuerda de paja de centeno ó de arroz.

LECCION LXXXI.

Electricidad desenvuelta por presion y por calor.

472. Los medios que se emplean para desprender el fluido eléctrico, tienen por objeto averiguar las causas que rompen el equilibrio; entonces la cantidad de los fluidos aumentará con los obstáculos que se opongan á su recomposicion. Cuando la descomposicion del fluido natural es mas rápida que la recomposicion, la tension de las dos electricidades aumenta hasta que se establece el equilibrio entre estas dos acciones: si se considera la electricidad como un fenómeno aislado, solo se demostraria una propiedad de la materia; pero en el dia la electricidad se considera como un agente químico, y como una fuerza poderosa; de modo que el estudio de los diversos fenómenos eléctricos será de inestimable valor á los ojos de los filósofos.

H. Davy y Fabroni dieron á conocer las relaciones entre las afinidades químicas debidas al contacto, y ciertos desprendimientos de electricidad. La esfoliacion de una lámina de mica verificada en la oscuridad, produce una luz fosfórica que se debe á la electricidad: cada lámina que se separa tiene un exeso de fluido de nombre contrario, cuya intensidad es tanto mas grande cuanto mas rápida ha sido la separacion. Las moléculas tienen cuando menos dos caras dotadas de facultad eléctrica diferente, cuya polaridad se manifiesta asi que se destruye la fuerza de cohesion. El talco y en general las sustancias cristalizadas no conductoras ó medianamente conductoras, go-

zan de esta virtud en un grado mas ó menos elevado. Durante estos experimentos debe separarse el agua higrométrica adherida sobre las superficies, y luego introducir las partes separadas en el electróscopo de Coulomb. Cuando se comprimen dos láminas de mica separadas de un mismo cristal, cada una adquiere un estado eléctrico diferente del que antes tenia. Este desprendimiento de fluido se hace mas notable, si se calientan las laminitas que indican el fluido negativo.

Si tomamos en consideracion la velocidad con que se propaga la electricidad por los cuerpos conductores, se puede explicar facilmente la causa porque no se electrizan las laminitas que provienen de la esfoliacion de los cristales que conducen bien la electricidad: por veloz que sea la separacion de las láminas, la recomposicion de los fluidos es mucho mas rápida; pero poniendo el cristal sobre que se opera en contacto con los hilos de un galvanómetro, los dos fluidos que provienen de haber destruido la agregacion, siguen sus hilos, y su accion se manifiesta en la aguja imantada. Este mismo desprendimiento de electricidad se presenta cuando se destruye la atraccion molecular entre dos sustancias heterogéneas. El azufre fundido y vertido en un tubo de vidrio caliente, así que se solidifica adquiere un exeso de fluido positivo, y el vidrio un exeso de electricidad negativa; el fósforo y otras sustancias presentan el mismo fenomeno.

473. La electricidad se manifiesta cuando se comprimen dos cuerpos hasta que se peguen el uno contra el otro: Libes conoció el fluido desenvuelto por la presion, y notó que en un disco de metal aislado y comprimido por un taf-tan engomado se electrizaba negativamente, y de un modo positivo cuando se frotaba con el mismo cuerpo. Haüy con el espato de Islandia, la cal fluatada, la mica, y otras sustancias observó el mismo fenómeno: este naturalista dice, que los cristales conservan por mucho

tiempo la electricidad, y recomienda este procedimiento para descubrir varios productos minerales.

M. Becquerel ha inventado un electrómetro á la manera de balanza eléctrica, con el que se gradúan las cantidades de fluido que desenvuelve la presión: de sus experiencias se deduce; 1.º que si dos cuerpos de diferente naturaleza se comprimen y luego se separan, se cargan con fluidos de nombre contrario; 2.º que cuando los dos cuerpos son malos conductores, ó bien si siendo conductores se les comprime y luego se les separa estando aislados, la electricidad libre se distribuye en las superficies de acción y se indica por los medios generales; 3.º si uno de ellos está aislado y es mal conductor, en él se acumula el fluido libre; y 4.º cuando ambos son buenos conductores y están en contacto con la tierra, la electricidad libre desenvuelta por la presión no se manifiesta en ninguno de ellos, porque ha desaparecido por efecto de la conductibilidad.

La electricidad por presión depende de la superficie de los cuerpos que se sobreponen, de la prontitud con que se separan y de la intensidad de la presión. Cuando la velocidad de la separación es la misma, las cargas eléctricas son proporcionales á la intensidad de la fuerza comprimente. La naturaleza de los cuerpos, su conductibilidad, el calor, el estado de las superficies etc., son circunstancias que modifican esta clase de electricidad. No debe confundirse la electricidad debida á la presión, con la que resulta del frote de un cuerpo que ha estado comprimido. Mr. Pécelet dice, que una presión cualquiera no influye en la cantidad de fluido que desarrolla la frotación: la electricidad debida al choque puede considerarse como la de presión.

474. Varias sustancias, y sobre todo la *turmalina*, tienen en alto grado la facultad de electrizarse por el calor. Linneo por un presentimiento vago atribuyó á la electri-

dad los fenómenos de la turmalina, Épinus dijo que eran eléctricas, Bergmann dió á conocer las principales alteraciones, y Willeke adelantó este estudio, que Bécquerel ha presentado con interesantes observaciones.

La turmalina tiene polaridad eléctrica, que se desenvuelve cuando se calienta, y cuando se sumerge en agua hirviendo; el fluido positivo que se desprende va á concentrarse á los extremos opuestos del mineral. Parece que la accion del calórico está á 10° cent. para el límite inferior, y á 15° para el superior, y pasados estos límites ya no se percibe la accion eléctrica; el desprendimiento de fluido se manifiesta hácia un costado cuando se calienta un punto dado, y entonces se desprende la electricidad positiva, que luego se difunde por toda la masa: esto indica que la turmalina tiene dos polos y una línea media. Cuando se rompe un cristal de turmalina en la direccion transversal, cada parte adquiere la polaridad, con los dos fluidos y la línea media. No todas las turmalinas tienen la propiedad de electrizarse por frotacion, algunas carecen de ella aun cuando provengan de un mismo criadero: esto se debe sin duda á cierto arreglo de sus moléculas que las constituye en un estado isomérico particular. Otras sustancias como el diamante, la esmeralda, el azufre, etc. gozan de la propiedad de electrizarse por la accion del calor.

LECCION LXXXII.

Electricidad voltáica.--Diferentes especies de pilas.

475. El descubrimiento de la eleatricidad debida al contacto, se hizo por Sulzer en 1767. Luego Galvani en 1789 indicó la conmocion de las ranas que preparaba

para sus experiencias anatómicas, y Volta probó que todos estos fenómenos eran debidos á la electricidad.

476. Cuando se ponen en contacto dos cuerpos heterogéneos como una lámina de cobre y otra de zinc, se manifiesta un desarrollo de fuerza llamada *fuerza electromotriz*. Esta fuerza reside en la superficie de contacto, separa sin cesar los dos fluidos, para que el vitreo vaya sobre uno de los cuerpos, y el resinoso al otro; segun esto una plancha aislada formada de dos metales sobrepuestos y sordados por sus extremos, jamás se hallará en su estado natural. La accion de esta nueva fuerza, es descomponer el fluido natural, é impedir su descomposicion; de suerte que el positivo se coloque sobre el zinc, y por la repulsion se difunda por la superficie; otro tanto sucede con el fluido resinoso en la lámina de cobre. La tendencia de los dos fluidos á la recomposicion los mantiene en presencia sobre la superficie de contacto, haciendo un esfuerzo para combinarse en virtud de su mútua atraccion; pero como la causa que se opone á la recomposicion tiene sus límites, porque las cargas de fluido vitreo del zinc y de fluido resinoso en el cobre están circunscritas á la superficie de contacto y á la naturaleza de la sustancia del cuerpo, resulta que la electricidad adquirida ó comunicada toma cierta tension y puede traspasar la superficie de contacto para difundirse por las láminas metálicas ó para combinarse entre sí: en estos casos se supone una superabundancia de electricidad, de la que la fuerza motriz retendrá la cantidad de que sea capaz. Se llama *tension máxima* á la diferencia entre dos tensiones; representando por $+t$ la tension del fluido vitreo de la superficie del zinc, y por $-t'$ la del cobre por su electricidad resinosa, se tendrá $t-t'$; esta diferencia es una cantidad constante.

Como la fuerza electro-motriz obra en las descomposiciones, su accion es instantánea y permanente: en el primer caso un momento puede llevar la tension á su máxi-

mo, y por el segundo puede obrar así que la tensión es suficiente para el equilibrio galvánico. Las tensiones eléctricas son diferentes según los cuerpos que se ponen en contacto: todos ellos son *eléctro-motores*, porque su contacto desenvuelve fluido eléctrico; pero esta propiedad que tienen las sustancias metálicas en grado eminente, es casi imperceptible en los demás cuerpos. De ahí se infiere, que la fuerza electro-motriz de Volta, se desenvuelve por el contacto de cuerpos de diferente naturaleza química, es general ó universal á la naturaleza ponderable, capaz de descomponer los fluidos eléctricos, y dá nacimiento á nuevas fuerzas cuyos efectos se manifiestan sobre la naturaleza toda.

477. Los cuerpos que se emplean generalmente para construir una pila, son dos metales ó buenos *eléctro-motores*, y otro no metálico que sea conductriz y apenas *eléctro-motor*. Los metales son el *zinc* y el *cobre*; el primero forma los elementos *positivos*, y el segundo los *negativos*: un elemento positivo y otro negativo constituyen un *par*: los elementos están muchas veces sordados por los estreños. El cuerpo no metálico se llama *conductor*, y suele ser una redondela de paño, cartón ó fieltro, humedecido con agua acidulada: se usa también la misma disolución ó un cuerpo seco, y en este caso la pila se llama *pila seca*. La pila puede ser vertical y horizontal, y esta última recibe diversas modificaciones. La vertical ó de columna, fig. 193, consta de un cuerpo aislante *a*, y de un número de pares de zinc y cobre, separados por redondelas de paño, etc. Esta columna se sostiene con una armadura de madera ó de cristal: los pares se colocan de modo que la plancha de zinc se dirigen hacia un punto, el cual forma el *polo positivo*, y las de cobre en el opuesto para el *polo negativo*; dos hilos de platino ó de cobre son los conductores.

M. Ampère á los polos les llama *reóforos*: palabra grie-

ga que significa porta corriente, y M. Faraday aconseja denominarles *electrodos*, considerándolos como las puertas por donde sale el fluido; los físicos han adoptado la primera palabra.

Las redondelas se empapan con una disolucion de sal marina ó con agua acidulada con el ácido nítrico en la proporcion de $\frac{1}{20}$ del peso del agua.

Para cargar una pila vertical con fluido positivo, basta poner el primer disco de cobre en comunicacion con la tierra, y para cargarla de fluido resinoso se arma empezando por el zinc y concluyendo con el cobre, y se establece luego dicha comunicacion con el elemento zinc. Si la pila está aislada, se carga á espensas de los dos fluidos; una mitad de electricidad positiva en el extremo zinc, y otra negativa en el cobre. Estas pilas tienen dos defectos capitales; el tiempo que se pierde para armarlas, y la necesidad de desmontarlas para humedecer el conductor. Ambos defectos se evitan con la pila horizontal ó de *arteza*. Consta de una caja réctangular, fig. 194, donde se colocan los pares sordados por sus extremos, aislados con cuerpos mal conductores, y pegados con un betun compuesto de cera, polvo de ladrillo y pez griega. Los espacios que dejan los pares se llenan con agua acidulada, y son los conductores húmedos.

M. Wollaston ha introducido otra modificacion, que consiste en que las láminas de zinc y cobre no están superpuestas porque las superficies se pongan en contacto, sino que la plancha de cobre rodea á la de zinc sin tocarla, fig. 195. Un liston de madera sostiene las planchas; la primera que es de cobre, se halla fija en el liston por uno de sus extremos, y comunica con el hilo conductor; y por el opuesto está sordada á la primera lámina de zinc; rodea esta plancha Z la segunda de cobre, en cuyo extremo opuesto tiene sordada la segunda Z. De este modo se continua hasta concluir la pila, que tiene la última lámina en

comunicacion con el segundo hilo conductor. Estos pares se introducen en vasos de cristal, que contienen agua acidulada: una armadura de madera sostiene los pares fuera de los vasos. La pila en hélice es otra modificacion que consiste en una lámina de cobre y otra de zinc, colocadas paralelamente entre sí, y plegadas en forma de espiral: este aparato puesto en accion con el agua acidulada sirve para poner en movimiento una gran masa de fluido eléctrico.

Los Sres. Ørsted y Stadion usan de una pila de vasos paralelepípedos de cobre laminado colocados sobre una mesa, y separados entre sí; en ellos se introducen planchas de zinc cuidando que no toquen al cobre, se ponen en comunicacion por una laminilla de cobre y el todo en actividad con el agua acidulada. M. Hare enrolla el zinc en forma de espiral ó le coloca en un estuche de cobre. Zamboni usa el agua y un solo metal; se construyen pilas con dos líquidos y un solo metal, se conocen sin líquido alguno, que se llaman *pilas secas*, y Wollaston aconseja montar una batería con varias pilas que comunican entre sí. Además existen otras inventadas en estos últimos años que describiremos en la leccion inmediata.

478. Si se guarnace una lámina ideo-eléctrica con placas metálicas, una de zinc y otra de cobre, y se colocan varios de estos aparatos uno encima de otro, de modo que la lámina de zinc esté en contacto con la de cobre que le sigue, se nota que el cuerpo no conductor se carga de fluido, aun cuando la tension sea muy débil. Cuando se tiene, dice Volta, por la estreñidad cobre una lámina formada de dos metales cobre y zinc sobrepuestas y soldadas por los extremos, parte del fluido eléctrico pasa á la plancha opuesta zinc; pero si esta se halla en contacto con el conductor que es de cobre, la tension egerce su influencia para traspasar los limites de la superficie de contacto, y como el zinc no está escitado nada trasmite; de suerte que despues del contacto queda en su estado natural. Pero si

se coloca un papel mojado entre el zinc de la lámina y el platillo del condensador, la facultad motriz que no subsiste sino por el contacto, queda destruida entre los dos metales, y como el agua solo conduce el fluido sin ceder nada del que tiene, el paso del fluido del zinc al condensador no encuentra obstáculos, y esta lámina adquiere la electricidad vítrea ó positiva. Si el condensador se toma por la estremidad cobre, la interposicion del papel mojado no impide al platillo de metal hacer pasar una parte del fluido positivo á la lámina de zinc, de modo que despues del contacto, el condensador que es de cobre, se halla cargado de fluido resinoso ó negativo.

Representando por la *unidad* la electricidad desarrollada por el contacto de los discos, y suponiendo que la distribucion se verifica con igualdad, se tendrá *una mitad* para cada disco, y dando á cada uno su correspondiente signo, el estado eléctrico del zinc será de $+\frac{1}{2}$, y el del cobre de $-\frac{1}{2}$; la diferencia de posicion eléctrica es *uno*, y esta diferencia es una cantidad constante. Póngase sobre el zinc un conductor húmedo y colóquese otro disco de cobre; el estado eléctrico de este último debe ser igual al del zinc de que está separado por el conductor. Para ello, parece que bastaria que el fluido del zinc que es de mas *una mitad*, se repartiese de manera que su estado quedase reducido á *un cuarto*, y *un cuarto* para el que corresponde al cobre superior, por ser los *dos cuartos* los sumandos de la mitad; pero como la cantidad de fluido del cobre inferior era una mitad, la diferencia de electricidad entre los dos primeros discos seria igual á *tres cuartos*, en vez de *uno* que resultó como cantidad constante; por consiguiente debe establecerse en toda la pila una distribucion de fluido, en virtud de la que, el estado eléctrico del disco inferior cobre será de menos dos tercios, el del zinc de mas un tercio y el del cobre superior de mas un tercio.

Si añadimos un cuarto disco que será de zinc, deberá representar una cantidad de fluido, mayor de una unidad de la que tiene el disco sobre que descansa, lo que exige otra nueva distribucion de fluido; de modo que se tendrá *menos uno* para el cobre que está sobre el aislador, *cero* para el zinc, *cero* para el cobre segundo, y *mas uno* para el cuarto disco que es de zinc. Por este raciocinio se puede calcular el estado eléctrico de los pares de una pila, partiendo de los principios siguientes:

1.º La suma de la electricidad de una pila es igual á cero,

2.º La diferencia de estado entre un disco cobre y su inmediato zinc, debe ser igual á la unidad.

3.º El estado de tension eléctrica de dos discos separados por un conductor debe ser igual.

4.º Si el número de discos es *par*, se hallará el estado de tension del inferior cobre, dividiendo el número de discos por *cuatro*, y dando al cociente el signo negativo; así $\frac{24}{4} = -6$.

5.º Si el número de discos es *impar*, se hallará el estado eléctrico del disco inferior cobre, multiplicando la mitad de discos mas uno por la mitad de discos menos uno, y dividiendo el producto por el número de discos; el cociente con signo negativo, espresará la tension del primer disco; así, si los discos son 5, se tendrá;

$$\frac{\frac{5+1}{2} \times \frac{5-1}{2}}{5} = \frac{\frac{6}{2} \times \frac{4}{2}}{5} = \frac{3 \times 2}{5} = \frac{6}{5}$$

Volta creía que el fluido era debido al simple contacto; en el dia se sabe que las acciones quimicas producen desarrollos de electricidad mucho mas intensos que los conocidos por la superposicion de cuerpos heterogéneos.

LECCION LXXXIII.

Aplicaciones de la pila Voltaica.--Descomposicion del agua.--Pilas de corriente constante.

479. La pila eléctrica ha experimentado varias modificaciones á fin de poderla usar en la fisiologia, como agente de descomposicion, para desenvolver altas temperaturas ó para obtener una fuerza motriz capaz de utilizarse en la industria. La mayor parte de estas aplicaciones se han realizado de un modo satisfactorio, y es probable que las demás lleguen á su perfeccion á medida que la ciencia estiende sus conquistas. Por consiguiente los efectos de la pila podrán ser fisicos, químicos, fisiólogos y mecánicos.

480. Los primeros presentan alguna novedad, ya por la variacion, ya por la intensidad con que se presentan. Las conmociones que produce la pila se parecen á las descargas mas fuertes de una bateria, y esta conmocion aumenta con el número de elementos, porque depende de la tension de los dos fluidos acumulados en los extremos del aparato, la que se hace mayor á medida que hay mas pares voltáicos en accion. La conmocion eléctrica proviene de la recomposicion del fluido natural, y se parece á la de una botella de Leyden cuando se tocan las dos armaduras; pero se nota que la descarga en la botella es instantánea, y produce una conmocion tambien instantánea; al paso que la pila se carga de nuevo con increíble velocidad, por cuyo medio su accion es permanente.

Cuando se establece con la pila un circulo eléctrico por medio de un hilo metálico, se consigue un efecto parecido á una descarga, el hilo se enrojece, se funde, se oxida ó se volatiliza segun su naturaleza. Cuando la reunion

de los fluidos se verifica por el intermedio de dos conos de carbon fuertemente calcinado, ó con dos conos de coque, la continuidad de las descargas forma entre las puntas del metaloide un foco luminoso permanente, que deslumbra como el sol. Los Sres. Fizeau y Foucault dicen, que la luz solar comparada con la que se obtiene de la union de las dos electricidades que se desprenden de una pila de Bunsen de 48 elementos dobles, está en la relacion de 2,59 : 1. Segun esto las corrientes de las pilas son muy intensas y prestan calor, luz y magnetismo. Hare y Silliman parece que han derretido el carbon, y H. Davy hizo tambien este experimento: la pila aun cuando sea muy débil, es la máquina eléctrica mas apropósito para cargar una batería. De la Rive dice, que el calor de la pila proviene de la resistencia que experimenta la corriente para pasar de un conductor á otro; Children ha reconocido que cuando aumenta la conductibilidad, disminuye en los conductores la facultad de presentarse incandescentes. Los líquidos quizá por su mayor capacidad calorífica apenas elevan la temperatura; aun cuando en circunstancias dadas llegan á hervir.

481. La accion de la pila, en el terreno de la química, presenta otros resultados: se descompone el agua desprendiendo el gas hidrógeno en el polo negativo y el oxígeno en el polo positivo. El aparato está representado en la fig. 196. Si los dos hilos están en una misma campana dividida en partes que representan volúmenes, el aparato se llama *voltámetro*, y entonces el oxígeno é hidrógeno están mezclados, y como el peso del agua es proporcional al volumen de los gases desprendidos, el voltámetro sirve para medir la accion de la corriente. Todos los compuestos del reino orgánico se descomponen por una corriente eléctrica, y los elementos mas heterogéneos se combinan bajo el mismo fluido. Cruikshank y Davy descompusieron las sales, llegando á desdoblar los compues-

tos binarios hasta sus elementos. En estas descomposiciones, el cuerpo electro positivo se precipita ó se desprende en contacto del hilo del reóforo negativo, y el cuerpo negativo en el reóforo positivo: Berzelius y Hysinger han descompuesto el sulfato de sosa en dos copas, que se comunicaban con un hilo de amianto; en una sumergia el reóforo positivo de la pila y en otra el negativo; en la primera se halló el ácido y en la segunda la base, habiendo en ello un verdadero transporte de los elementos de la sal.

Para esplicar estos fenómenos M. Grothus supone que la descomposicion tiene lugar con el agua, y dice que la molécula inmediata al polo positivo, se descompone, deja desprender el átomo de oxígeno, y los de hidrógeno obran sobre la molécula inmediata, se amparan del oxígeno, y de este modo llegan al polo opuesto donde se desprende el hidrógeno. Mr. Ampère considera á las moléculas con electricidad propia, de la que no pueden separarse jamás; estas moléculas no pueden existir dentro de una atmósfera de fluido neutro, sin que se descomponga una parte, y se rodeen de otra de nombre contrario al fluido que representan; de modo que cada molécula positiva está envuelta en una atmósfera negativa y viceversa.

Para que las moléculas se combinen, deben hacerlo antes las atmósferas, y si dichas moléculas están muy cargadas de fluido, las atmósferas tendrán mucho espesor, ó serán mas estendidas, y su combinacion presentará un desarrollo de calor y aun de luz; el calórico elevado á un alto grado de tension se presentará luminoso. Durante esta combinacion las atmósferas quedan destruidas ó solo desaparece una de ellas, y las moléculas verificarán su union con estabilidad puesto que han conservado sus fluidos. En la composicion de los cuerpos apenas la molécula toca al polo positivo ó negativo se predispone de modo, que la partícula positiva del cuerpo en el polo negativo aproxi-

mándose al origen del fluido se cubre de una atmósfera de nombre contrario y rechaza la molécula negativa, en cuyo caso la descomposicion tiene lugar.

Segun M. Faraday, si dos cuerpos conductores puestos en comunicacion con los polos de una pila, se sumergen en un vaso que contenga un líquido, los dos cuerpos se llaman *eléctrodos*: el *electrodo* positivo es el que comunica con el polo positivo, y el negativo el que está en el otro polo. Los *electrólitos* son todos los cuerpos que se hallan entre los *eléctrodos*, y en ellos se verifica la descomposicion; y se llamará *electrolizar* lo que hasta aqui hemos conocido por descomponer. Este quimico despues de haber introducido semejantes voces, que se han admitido por casi todos los fisicos, ha descubierto la siguiente ley: *si una misma corriente atraviesa sucesivamente una série de disoluciones susceptibles de descomponerse por su accion, los pesos de los elementos depositados sobre los eléctrodos positivos ó negativos, están en la relacion de los equivalentes quimicos*. La pila eléctrica es un poderoso instrumento para la industria, y en su aplicacion se ha fundado la *galvano plastia* y la *electrotipia*.

482. Los cadáveres humanos y los de los demás animales, ofrecen por el influjo de la pila contracciones que recuerdan los movimientos de la vida, y que se manifiestan con mas intensidad en los animales de sangre fria. Es innegable que estas acciones tienen lugar por medio de los nervios, los que desde el cerebro y la médula espinal se ramifican por todas las partes del cuerpo para estenderse debajo de la epidermis. Las plantas se escitan con el fluido eléctrico pero en menor grado que los animales; segun Ginlo, una pila de 50 pares produce movimientos en la especie *minosa*. Se ha creido que la pila eléctrica era un agente terapéutico; verdad es que con la electricidad se ha vuelto la vida á algunos animales asfixiados, y se han restablecido varias funciones orgánicas en los cadáveres de

los ajusticiados; pero los resultados no son constantes ni pueden sujetarse á reglas fijas.

Los Sres. Lehot y Marianini dicen, que cuando la corriente positiva de un circuito eléctrico se propaga siguiendo las ramificaciones nerviosas, produce una contraccion muscular al principiarse la accion, y una sensacion cuando esta concluye; pero si se propaga en sentido inverso á las ramificaciones nerviosas, produce una sensacion mientras subsiste y una contraccion así que se interrumpe. Los Sres. Magandie, Andral y Roulin han probado, que las corrientes de la pila son útiles en los casos de asfixia, por la irritabilidad que producen, y en algunas neurálgias, parálisis, etc.; pero en muchos casos sus efectos son ineficaces.

483. Cuando el fluido de una pila se recompone al través de ciertos cuerpos, produce efectos mecánicos que no es posible explicar satisfactoriamente. Si separamos un vaso en dos divisiones por una membrana vertical, ó con un papel cubierto con albúmina coagulada por el calor, y se pone en cada division un liquido conductor, bastará poner el polo positivo de una pila de 80 pares en una division, y el negativo en la otra, para que el liquido pierda su nivel, elevándose por el costado negativo. Los liquidos sobre-puestos, como mercurio y agua acidulada presentan movimientos especiales, que varian segun la naturaleza de los polos que los tocan. Todos estos fenómenos hacen sospechar que los movimientos de endósmosis pueden provenir de una accion eléctrica.

484. Todos estos resultados se obtienen con mas eficacia, empleando una *pila de corriente constante*. Los efectos de estas pilas son permanentes, y mucho mas intensos que con las comunes: las principales son, la de Grove, la de Plaff, la de Bunsen, la de la Rive, Daniell, Bequerel, Bragation, etc.; solo daré á conocer las principales. La pila de Daniel consiste en una disolucion de sul-

fato de cobre y otra de sal comun; estos líquidos están separados por un diafragma de lana bien tupida, de cuero ó de porcelana en bizcocho: suelen tener diferentes figuras y varios elementos: un elemento de la pila de Daniel consta de un vaso cilindrico de cobre *a b c d*, fig. 97, cerrado por la parte inferior y provisto hácia la parte superior de otro cilindro mas pequeño tambien de cobre *e f g h*, que tiene muchos agujeros; dentro de éste se halla un tercer cilindro poroso *m n* que sirve de diafragma, y concluye con el cilindro de zinc amalgamado *x x'*. La disolucion de sulfato de cobre se pone en el vaso de cobre que tiene los agujeros, y la de sal comun en el cilindro de porcelana, para que la disolucion de sulfato esté saturada, se pone en el espacio que dejan los dos cilindros metálicos cristales de dicha sal: en vez de sal comun se puede usar agua acidulada con $\frac{1}{8}$ de su volúmen de ácido sulfúrico. Los vasos se ponen en comunicacion con hilos metálicos que van del zinc al cobre exterior.

La pila de Grove consta de varios elementos; cada uno se compone de un vaso de vidrio en cuyo fondo pegado con lacre hay una taza de arcilla porosa dentro de la que se pone agua acidulada, y en el vaso ácido nítrico; en este ácido sumerge una lámina de platino, y en el agua acidulada una de zinc: seis ú ocho vasos de esta clase producen efectos sorprendentes.

La pila de Bunsen consiste en un cilindro de carbon ú coque *c*, fig. 198, sumergido en un vaso *v v'*; dentro de este cilindro va otro *d* de pasta de porcelana con fondo, para que sirva de diafragma poroso, y en su interior un tercero de zinc amalgamado. El cilindro de coque tiene varios agujeros y por la parte superior le ciñe una abrazadera de metal para establecer la comunicacion con otros vasos: el zinc tiene otra lámina para el mismo objeto. Cuando se quiere poner esta pila en accion se coloca en el vaso ácido nítrico concentrado, se introduce el coque,

luego el cilindro de porcelana con el ácido sulfúrico debilitado, y por último se pone el zinc; el hilo del coque es el polo positivo, y el zinc el negativo. Para reunir varios vasos de Bunsen, se pone en comunicacion el cilindro de zinc de un vaso con el coque de otro, valiéndose de un corchete de cobre.

LECCION LXXXIV.

Accion de las corrientes sobre los imanes y vice-versa. - Electro-magnetismo. Galvanómetro.

485. La accion de las corrientes sobre los imanes ha dado origen al *electro-magnético*. Muchos fisicos habian sospechado la analogia de los fluidos eléctrico y magnético, y trataron de investigar los fenómenos que se presentan cuando un conductor espuesto á la influencia de una corriente eléctrica obra sobre una aguja imantada. Franklin, Becaria, Wilson, Wilke, Caballo, y Romagnesi hicieron varias observaciones con la botella de Leyden y una aguja imantada, descargando el aparato en el círculo de la explosion, ó recibiendo la chispa á una pequeña distancia; pero Oersted en 1819 hizo el descubrimiento fundamental haciendolo obrar de un modo fijo y permanente; Biot y Sabart han dado á conocer las leyes electro-magnéticas, y Ampere ha establecido una teoria general para enlazar las dos clases de fenómenos eléctricos y magnéticos bajo un punto de vista científico.

486. Estos fenómenos se presentan así que los polos de una pila en accion, comunican entre sí por un hilo conductor, y se le aproxima una aguja imantada: cuando el hilo tiene la posicion rectilínea, la corriente se llama *rectilínea*. Las corrientes se designan en virtud de la figu-

ra y dimensiones del conductor que atraviesan: es *rectilínea* cuando el conductor presenta la direccion de la línea recta, *curvilínea* si el fluido recorre un hilo dispuesto en circunferencia de círculo, lineal si el hilo es muy fino, ó se llama corriente *cilíndrica*, *cerrada*, *indefinida*, etc., segun que el conductor es un cilindro hueco, un hilo indefinido etc.

Cuando se hace obrar una corriente rectilínea sobre una aguja imantada, determina una accion directriz capaz de darle una nueva posicion; pero si la corriente es perpendicular al meridiano magnético, la aguja se mantendrá en su posicion, porque la corriente no le podrá comunicar otra. Mas estando la aguja fuera del meridiano, la corriente la impelerá hácia el Este ó el Oeste segun su modo de obrar, y la desviacion aumenta aproximándola á la accion eléctrica ó aumentando la potencia de la pila. La diferente posicion de la aguja hácia el Este ó el Oeste, depende de que esté encima ó debajo el conductor; en el primer caso la corriente viene de Sur á Norte y desvia el polo austral hácia el Occidente, y si la corriente viene de Norte á Sur se separa hácia el Oriente; en el segundo caso se invierten los resultados.

La fuerza directriz de la tierra obra sobre la aguja, y tiene su influencia en los efectos de la corriente, sobre todo cuando se halla en el meridiano magnético y la corriente es perpendicular á esta direccion. Segun esto la aguja debe ser *astática* (423), porque se neutraliza la influencia del globo: la aguja se llama *semi-astática* cuando se ha debilitado esta accion directriz. Biot y Sabart han probado con la aguja astática, que la fuerza directriz de un iman varía en razon inversa de la distancia, y Laplace ha deducido que la accion de un elemento lineal de una corriente vol-tática sobre una particula magnética, varía en razon inversa del cuadrado de la direccion y proporcionalmente al seno del ángulo entre la direccion de la corriente y la línea

que une los centros del elemento y la partícula. Ampère reduce los principales fenómenos del electro-magnético á dos hechos fundamentales; 1.º la corriente tiende á poner la aguja en una posicion perpendicular á la direccion, formando un círculo de 90°, y si la aguja se halla mas ó menos inclinada, proviene de la fuerza directriz de la tierra; 2.º si el observador se supone de modo que tendido de cara sobre el conductor la corriente entre por los piés y salga por la cabeza, su derecha y su izquierda son respectivamente las de la corriente; en cuyo caso la desviación de la aguja se verifica de modo que el polo austral marcha hácia la izquierda.

Segun Pouillet la accion de las corrientes puede considerarse como un sistema de fuerzas que obran sobre los polos de un iman en direcciones paralelas y opuestas, y sus intensidades varían con la distancia. De modo que si el iman es pequeño y de poca intensidad, con relacion á la distancia que le separa de la corriente eléctrica, las fuerzas componen un par, que hace adquirir á la aguja una posicion fija y perpendicular al plano trazado entre su centro y el conductor.

487. Los imanes actúan sobre las corrientes cuando son muy movibles; si á una barra imantada fija y horizontal se le acerca un conductor movable en derredor de una línea vertical, la corriente se dirige hácia el iman formando un ángulo recto, y el polo austral está á la izquierda. Faraday ha hecho describir un movimiento de rotacion continua valiéndose de la accion mútua de los imanes y de las corrientes voltáicas, y Ampère ha conseguido la rotacion de un iman por medio de una corriente fija. Segun esté físico, la accion de la tierra sobre las corrientes se debe á los flujos eléctricos que marchan del Este al Oeste en el sentido del movimiento aparente del sol. M. de la Rive ha ideado una especie de flotador que marcha en virtud de la influencia de la tierra. Es un pedazo de corcho AB,

fig. 199, atravesado por dos láminas C y Z una de cobre y otra de zinc, puestas en comunicacion por un hilo x . Este aparato flota sobre agua acidulada, y la electricidad desenvuelta por la accion del liquido sobre el zinc produce una corriente bastante intensa para dirigir el aparato.

488. Para medir la intensidad de las corrientes se usan los *galvanómetros* ó *reómetros*. El llamado *multiplicador* fué inventado por M. Schweiger, y consiste en una aguja movil al derredor de un centro, la que recibe la accion de la corriente por los dos lados de un cuadrado formado por un hilo de cobre vestido de seda, que dá vueltas en espiral ó hélice, y el efecto es proporcional al número de estas vueltas. Este galvanómetro es muy sensible, y Nobili aumenta la sensibilidad con dos agujas, fig. 200, que tienen los polos opuestos, de modo que el conjunto conserva una fuerza directriz muy débil: es una aguja semi-astática.

Se llama *galvanómetro diferencial* el que consta de dos hilos iguales en longitud y diámetro y de una misma sustancia: estos hilos se envuelven á la vez sobre el cuadro, y reciben la accion de dos corrientes opuestas. Las agujas experimentan una desviacion mayor ó menor segun la diferencia de intensidad en las corrientes, y cuando tienen igual poder quedan á cero. El galvanómetro es de grande importancia para dar á conocer el fluido eléctrico retenido como latente, y para el que se desprende en las acciones químicas, ó por el contacto de cuerpos heterogéneos. Pouillet ha dado á conocer el reómetro ó *brújula de los senos*, y el reómetro ó *brújula de las tangentes*.

LECCION LXXXV.

Accion de las corrientes unas sobre otras. -- Corrientes por induccion.

489. La accion que las corrientes ejercen entre sí,

descubierta por M. Ampère, proviene de la de sus elementos; estas acciones son atractivas ó repulsivas, y su marcha tiene lugar según la línea que une los dos medios: de modo que la acción de los elementos es proporcional á los productos de las intensidades de las dos corrientes, á los productos de la longitud de ellos, y en razón inversa de una potencia que varía con las circunstancias. El fluido eléctrico cuando obra sobre una materia ponderable, produce movimientos de vibración, á los que se deben las corrientes: si estas vibraciones son menos intensas que la resistencia que opone el cuerpo, este permanece en su estado natural y deja pasar el fluido á través de su sustancia; pero si el sacudimiento debido á la electricidad es mayor que la resistencia en cada punto, el cuerpo se calienta, se enrogece, se funde y aun puede volatilizarse, y el fluido cólorico se presenta algunas veces luminoso.

490. Las partes consecutivas de una corriente, ejercen entre sí una acción repulsiva. Si dos partes próximas de una misma corriente se separan sin que ella deje de atravesarlas, tenderán á separarse, como lo prueba la experiencia. Dos corrientes paralelas que marchan en un mismo sentido se atraen, y se atraen si conservando el paralelismo son contrarias sus direcciones: la misma atracción se presenta cuando ambas se dirigen en sentido angular, bien porque se acerquen al vértice, bien porque se separen de él; pero las corrientes se repelerán si una vá hácia el ángulo y la otra en dirección opuesta. Observando la fig. 201, se nota que en A hay repulsión y en B atracción. En general se dice que la atracción ó repulsión de las corrientes se verifican del mismo modo, cuando su dirección es paralela ó bajo un ángulo mas ó menos grande, porque en estos casos las vibraciones siguen una dirección determinada cuando se verifica la atracción, y durante la repulsión se nota cierto antagonismo. Respecto á

las líneas paralelas pueden considerarse que forman un ángulo cuyo vértice está en el infinito. Si dos corrientes indefinidas AB y CD, fig. 202, se cortan en el punto O, habrá atracción en dos de los cuatro ángulos, y repulsión en los otros dos: los dos ángulos atractivos ó repulsivos son opuestos al vértice. El AOC es de atracción y COB de repulsión; de suerte que si estas corrientes se mueven al derredor de un eje vertical que pasa por el punto O, se colocarán paralelamente; pero no se manifiestan si no pasan por el mismo plano.

La acción de una corriente indefinida sobre otra finita y movable al derredor de un eje perpendicular á su dirección, puede presentar tres casos: 1.º si la corriente indefinida corta el eje de rotación, la finita se dirigirá paralelamente á la indefinida, y el movimiento de la electricidad se verifica en el mismo sentido; 2.º si la corriente indefinida está situada mas allá del círculo descrito por la estrechidad de la finita, entonces es rechazada por una porción de la indefinida, porque la una se aproxima y la otra se separa del vértice formado por sus direcciones: este caso puede presentar diferentes posiciones, hasta llegar á conseguir un movimiento de rotación continuo; y 3.º si la corriente indefinida se halla situada á una distancia menos que la que manifiesta la finita, como si se hallase colocada entre el centro y la circunferencia, hay repulsión hácia uno de los ángulos y atracción hácia el otro; la resultante de estas fuerzas obra imprimiendo al conductor movable una dirección determinada; como por otra parte hay dos ángulos, uno atractivo y otro repulsivo que dan una fuerza de dirección opuesta á la anterior, resulta que podrá establecerse el equilibrio, cuando estas resultantes sean iguales, y en el caso de ser desiguales el movimiento se verificará en el sentido de la que obra en virtud de mayor brazo de palanca. Además las corrientes presentan otros casos de alguna consideración.

491. Se llaman *corrientes por induccion* las que se desprenden de un modo transitorio, por la influencia de otras corrientes ó de imanes. Faraday en 1831 obtuvo varios fenómenos eléctricos, valiéndose de un cuerpo imantado. Si se disponen en hélice dos hilos de cobre repetidos con seda, de 400 ó 500 piés de largo, y estas hélices paralelas y bastante aproximadas se ponen dentro de una caja cilíndrica de madera, procurando que no se toquen por medio de un cuerpo aislante, estando los extremos de una de ellas en contacto con los extremos de una fuerte pila, y los de la otra en comunicacion de un galvanómetro, se notará que apenas la corriente voltáica recorre la primera hélice, se separa un poco la aguja imantada, luego vuelve á cero la desviacion y queda fija en este punto, mientras **que el circuito eléctrico está cerrado**; pero así que se interrumpe el circuito, hay una segunda desviacion en sentido contrario. Mientras existe la corriente eléctrica, el galvanómetro no presenta efecto alguno. Las corrientes por induccion tienen todas las propiedades de las permanentes.

M. Abria ha medido la intensidad de las corrientes por induccion apreciando el grado de imantacion que adquieren las agujas siendo de la misma dimension y colocadas en la misma hélice, y de sus observaciones ha deducido.

1.º Cualquiera que sea la disposicion y magnitud de las corrientes inductivas, son proporcionales á las inductoras.

2.º Si los circuitos son iguales y dispuestos paralelamente, ó se han enrollado juntos en hélice ó espiral, cuando el uno recorre una corriente de la misma intensidad, las corrientes inductivas son independientes de la longitud comun de los circuitos. 3.º Arrollando los hilos en hélice, sus efectos son mas intensos que dispuestos paralelamente.

4.º Si se aumenta la longitud del hilo conductor, ó si se disminuye la del hilo inductivo se aumentará la intensidad de las corrientes inductivas; pero estos resulta,

dos se consiguen en sentido inverso, si las variaciones de longitud se hacen de un modo contrario. 5.° La parte del circuito inductivo demasiado separada de la influencia del hilo inductor, disminuye su efecto cuando el hilo ha recorrido el mismo diámetro; la intensidad de la corriente inductiva es la que tendria, si la longitud estuviese reducida á la que está espuesta á la influencia de la inductura, en la relacion inversa de las relaciones de los hilos. 6.° Empleando hilos enrollados en espiral, aplanados y estrechos y colocados á diferentes distancias, los efectos varían en razon inversa de estas distancias; pero si los hilos ocupan una gran parte de la superficie del circulo, decrece con la distancia con mayor rapidez. 7.° Aumentando la seccion del hilo inductivo, las corrientes aumentan; pero la corriente inversa lo verifica de un modo mas rápido que la directa: esta varía como la raiz cuadrada de la seccion. 8.° Cuando el hilo inductivo consta de muchos hilos aislados que comunican por las estremidades, la corriente es un poco mayor que la obtenida si los hilos estuviesen desnudos; pero en este caso las relaciones de las corrientes entre sí disminuyen el efecto producido, las que aumentan en virtud de la distancia. 9.° En todos estos casos los efectos varían en proporcion de la conductibilidad del hilo inductivo. De estas observaciones se deduce, que la intensidad de las corrientes inductivas proviene de la suma de acciones de la corriente inductora sobre todos los elementos del hilo inductivo, dividido por su número.

LECCION LXXXVI.

Electro-dinámica.--Su importancia y aplicaciones mas notables.--Explicacion del magnetismo por medio de las corrientes eléctricas.

492. Hasta aqui hemos podido observar que el fluido

eléctrico debido á los descubrimientos de Galvani y Volta, es un agente de impulsión capaz de comunicar á otros cuerpos movimientos mas ó menos intensos. La electricidad dinámica ó *electro-dinámica*, es por consiguiente aquella que egerce su accion sobre varios cuerpos para imprimirles movimiento. Para este objeto se emplea el fluido de cuerpos heterogéneos, la accion de las corrientes, la electricidad de las acciones químicas, y cuantos medios proporciona la ciencia para desenvolver el fluido eléctrico; hasta el magnetismo sirve como agente eléctrico-dinámico.

493. M. Ampère para aprovechar la accion dinámica de la electricidad desenvuelta por una pila de débil tension, coloca una pila sobre una mesa de madera, y con un conductor movable toma la electricidad para trasmitirla al mercurio que tiene la tasa de porcelana: si se quiere dar al conductor un movimiento de rotacion continuo, la mesa montará en la parte inferior del aparato eléctrico. En toda accion electro dinámica hay que tener en cuenta la influencia del globo de la tierra; así para obtener un conductor astático, se dispone el aparato con dos rectángulos iguales, cuyos lados inferiores los recorren dos corrientes opuestas, y como la tendencia del globo es la de dar á estos rectángulos dos posiciones opuestas, el efecto total queda destruido. (487)

En la electro-dinamia se descubre una fuerza electromotriz capaz de reemplazar el vapor del agua: verdad es que hasta ahora los resultados han sido de poca importancia; sin embargo M. Jacoby de San-Petersburgo, ha puesto en movimiento una flota armada con doce marineros y provista de todos los utensilios necesarios, la que ha navegado durante muchas horas contra la corriente del Neva entre vientos fuertes y contrarios: la fuerza motriz era debida á una pila que representaba diez y seis piés cuadrados de superficie. M. Bourbouze ha construido varios aparatos

de esta clase de la mayor importancia, con los que ha conseguido mover una bomba, etc. Los telégrafos eléctricos se deben á la electro dinámia, y ellos solo prueban cuanto se debe esperar de los descubrimientos científicos.

494. Los telégrafos eléctricos han sido indicados y luego puestos en práctica por Wheartstone, Steimheil, Brequet y otros. Para cada telégrafo eléctrico hay dos estaciones, la de partida y la de término: en cada una existe un poderoso electro-iman, el que por medio de un hilo de cobre vestido de seda trasmite á la estacion opuesta la corriente eléctrica. El hilo tiene unos cuatro milímetros de diámetro, y de diez en diez méetros de distancia se apoya sobre poleas de porcelana colocadas sobre la estremidad superior de unas columnas de madera dispuestas de manera que en toda la línea el hilo describa un zig-zag: como en estos aparatos los cambios son reciprocos, resulta que las dos estaciones están provistas de los mismos utensilios. La estremidad de los hilos comunica con el receptáculo comun, pero el circuito se interrumpe en el punto que se considera como de partida, por un círculo de cobre plateado de 0,30 de diámetro dispuesto horizontalmente, y en la circunferencia están marcadas las letras del alfabeto con unos agujeros que les corresponden; tienen tambien una manivela con su clavija ó boton que entra en estos agujeros: el círculo puede moverse al derredor de su centro, y en la circunferencia contiene unos dientes que corresponden á las clavijas, llenando de madera los espacios que les pertenecen: una pila de corriente constante (en el ferro-carril de Madrid á Tembleque se usa la de Bunsen) se dispone de modo que uno de los polos comunique con la tierra, y el otro con un resorte que se apoya en los dientes del círculo. En la estacion opuesta hay dos electro-imanés paralelos y capaces de imantarse en el mismo sentido; además tiene una placa de hierro movable al derredor de un eje horizon-

tal, colocada delante de las barras de hierro y á una corta distancia.

Cuando se pretende transmitir la señal que corresponde á una letra, se hace que la manivela describa un arco mayor ó menor hasta colocar el boton ó clavija dentro del agujero que le corresponde, y enseguida se hace girar el platillo sobre sí mismo hasta que la manivela vuelva á su punto de partida. En estos movimientos se consiguen tantas intermitencias cuantas letras haya desde el punto en que estaba la manivela á la letra cuyo signo se trasmite. Así que la corriente recorre los hilos conductores, la placa de hierro movable se adhiere contra las barras imantadas por la influencia de la electricidad; pero cuando cesa la corriente, se separa la placa para adquirir su primera posicion. Estos pequeños movimientos se transmiten por medio de un escape, á una aguja ó flechilla que recorre la muestra donde están marcadas las letras del alfabeto como en el círculo de partida; de ahí resulta que la aguja se para exactamente frente á la letra que indicó la manivela en la estacion que habla: á medida que la flechilla vá marcando las letras, se forman las sílabas y luego palabras, que se apuntan en un libro al efecto: cuando se tiene que señalar que una estacion ha de hablar, una campana avisa por medio de un repique. Esta clase de telégrafos transmiten los signes casi instantáneamente, porque la electricidad recorre un espacio de 115000 leguas en un segundo; las alteraciones atmosféricas no suspenden su accion, y puede actuar por la noche. M. Brequet ha introducido ciertas modificaciones del mayor interés.

459. M. Ampère ha dicho que el magnetismo se debe á varias corrientes eléctricas que se mueven alrededor de las partículas, las que existen donde quiera que son sensibles al magnetismo. Suponiendo que el estado natural de un cuerpo proviene de que las corrientes tienen lugar en todas direcciones, ocupando el centro la partícula

ponderable, la imantacion va á comunicar á estas corrientes direcciones paralelas ó que tienden al paralelismo. Las acciones atractivas y repulsivas de los imanes indicarán acciones concordantes sobre las corrientes, y de este modo se pueden explicar los fenómenos del fluido magnético. Siempre que la accion tiene lugar entre una aguja de acero imantada y una corriente voltáica de bastante energia en la direccion perpendicular, hay magnetizacion por la influencia de las atracciones y repulsiones de las corrientes eléctricas de las partículas, y la aguja está dotada de una fuerza cohercitiva que impide á las corrientes particulares adquirir sus primitivas direcciones; pero en el hierro dulce esta fuerza no existe, porque las corrientes vuelven á tomar distintas direcciones para que cesen las acciones exteriores, y el cuerpo vuelve á su estado natural.

Segun esto, el globo de la tierra es el punto donde se verifican todas estas corrientes eléctricas, y sus direcciones y relaciones de intensidad marchan de Este á Oeste: estas corrientes que dirigen la aguja imantada, son la causa de las fuerzas magnéticas desenvueltas en ciertos minerales de hierro; á ellas se deben las variaciones diurnas de declinacion é inclinacion que resultan del aumento ó disminucion de temperatura, las auroras boreales, etc.

LECCION LXXXVII.

Corrientes termo-eléctricas.-Descripcion del termo-multiplicador de Melloni.

496. Se llaman corrientes *termo-eléctricas*, las que tienen lugar sobre los metales bajo la influencia del calor. Los fisicos sabian que el calor desenvuelve la electricidad latente; pero Seebeck fué el primero que usó de este

agente para conseguir una corriente eléctrica que pudiera desviar la aguja. Para que esta corriente sea sensible, es necesario que la temperatura no sea la misma en todo el circuito metálico; de que el fluido eléctrico resulta de la diferencia de propagacion del calor. Becquerel ha demostrado que la corriente no depende del contacto de los dos metales de diferente naturaleza, ni de la accion del oxígeno ó del aire húmedo sobre los metales del circuito, porque se nota que la corriente es proporcional á la temperatura. Sin embargo, la accion del calor reconoce un limite, pasando el cual la intensidad de la corriente disminuye, se presenta casi insensible y cambia de direccion. Así sucede con un circuito formado de hierro y cobre, el que mientras la temperatura de la soldadura no pasa de 140° cent. la corriente aumenta con la mayor rapidez, pasado este término sus efectos son menos intensos, á 300° apenas es sensible, y á un calor mas elevado es del todo nula cambiando de direccion.

497. La accion del calor tiene por objeto descomponer el fluido natural, acumular la electricidad vítrea sobre las particulas calentadas, rechazando la resinosa en todas direcciones; á medida que el calor se propaga, tien elugar una série de composiciones y descomposiciones, por medio de las que el fluido positivo pasa de la molécula caliente á la molécula fria, y el negativo al contrario, pasa de la molécula fria á la caliente; de este modo se establecen dos corrientes de nombre contrario que marchan en opuestas direcciones. La energía de esta corriente se llama *poder termo-eléctrico*. Si el calor se aplica á la soldadura de dos metales diferentes, se establecen dos corrientes contrarias en razon del fluido desenvuelto por el calor, su energia está en razon del poder termo-eléctrico de cada uno, y aquel que es mas débil representa el polo negativo y el otro el positivo.

498. La accion del calor de las corrientes ha proporcio-

nado poder conocer el estado eléctrico de muchos metales á una temperatura dada. Becquerel con una cadena de varios metales cuyas sordaduras ha mantenido á cero, mientras una sola marcaba 20°, ha descubierto los poderes eléctricos y la analogia que existe entre los poderes de irradiacion del calor. Si los metales son homogéneos y se calientan separadamente con uniformidad, no dan señal alguna de fluido eléctrico, como se ha observado con un circuito de platino y cobre ú otro metal, y calentando con cuidado para que la temperatura sea uniforme en toda su estension; pero desde que la propagacion del calor es desigual, se vé actuar la corriente. Algunos confunden las corrientes termo-eléctricas debidas á un calor desigual, con las corrientes voltáicas y magneto-eléctricas: pero los fenómenos hidro-eléctricos las separan de un modo indubitable.

499. Las *pilas termo-eléctricas* vienen á ser unos termómetros metálicos, que sirven para reconocer el desprendimiento de fluido á un alto grado de tension. M. Pouillet pone un circuito de cobre y bismuto sordados por sus extremos, y dispuestos de modo que la accion eléctrica ejerza su influencia sobre un sistema de agujas magnetizadas. El termómetro de Nobili consta de varios metales sordados por sus extremos y formando un polígono, donde las sordaduras impares corresponden á un lado, las pares á otro, y el todo tiene la figura de un cilindro. Los metales están cubiertos con una sustancia aislante, dejando descubiertas las sordaduras en la parte inferior, el todo está tapado con un tubo de cobre que concluye con un espejo parabólico, y el polígono está interrumpido para ponerlo en comunicacion con los hilos de un galvanómetro: para que este aparato se ponga en accion basta girar el eje del espejo hácia el punto donde se desprende el calor radiante, el cual aunque muy débil hace desviar la aguja.

500. M. Melloni ha modificado la pila termo-eléctri-

ca, y su aparato llamado *termo-multiplicador* es de una sensibilidad esquisita. Esta pila ó termo-reómetro, se compone de unos 50 pares de bismuto y antimonio soldados alternativamente segun la disposicion de Nobili; se coloca luego dentro de un estuche para impedir la accion del aire, está montada sobre un pié y los extremos ennegrecidos con humo de pez. El galvanómetro ha de tener el hilo de cobre vestido de seda, de ocho á diez metros de largo y dos tercios de milímetro de diámetro; el sistema de agujas está suspendido de una hebra de seda, puesto al abrigo del aire con una campana y dispuesto de modo que la hebra pueda acortarse ó alargarse dando vueltas á un tornillo que está en el exterior. Los hilos metálicos comunican con dos agujeros en el multiplicador y con la pila por los extremos opuestos de dos espiras estensibles. Cuando este aparato se destina á una observacion, tiene una tabla graduada, que indica la relacion entre la cantidad que desvia la aguja y la fuerza de la corriente termo-eléctrica. La desviacion que indica este instrumento es proporcional á la intensidad de la corriente entre 0° y 20° , y estudiando su marcha de 4 en 4 grados desde 20° á 44° , que es el limite á que se propuso llevar la desviacion extrema, ha deducido las cantidades que componen las tablas.

501. Si el movimiento del calor proporciona un medio para desenvolver la corriente eléctrica, el movimiento de la electricidad proporciona calor. M. Peltier ha estudiado esta reciprocidad usando de aparatos ingeniosos y pinzas termo-eléctricas, y se ha convencido de que cuando un circuito contiene muchos metales soldados por sus extremos y lo atraviesa una corriente voltáica, ofrece desenvolvimientos de calor desiguales. Todos estos fenómenos contribuyen á considerar los fluidos imponderados como modificaciones de un ente particular.

LECCION LXXXVIII.

Medios de producir magnetismo por medio de la electricidad, y reciprocamente producir electricidad por medio del magnetismo.

502. Hemos manifestado que la electricidad puede desenvolverse por el magnetismo, y el magnetismo por la electricidad. Así se nota que todos los cuerpos capaces de adquirir virtudes magnéticas por los medios ordinarios, son susceptibles de magnetizarse cuando se esponen á la influencia de las corrientes eléctricas. El hierro dulce tiene las propiedades del iman en alto grado, mas desaparecen así que cesa la acción de la corriente eléctrica: en el acero, siguiendo el sistema de M. Aimé, se consigue que el estado magnético permanezca aun cuando la corriente deje de actuar. Las agujas de acero en ciertas circunstancias adquieren por las corrientes dos puntos polares, donde la intensidad se manifiesta al máximo. Para ello se pone la aguja en un conducto de figura de hélice, y los polos se hallan en uno ú otro extremo segun se considera dicha hélice.

Tomando un tubo horizontal donde se enrolla un alambre de cobre, de modo que principiando por la parte mas próxima vaya progresivamente separándose, se pueden formar dos hélices, una que vaya de izquierda á derecha enrollando por encima, y otra de izquierda á derecha que enrolle por debajo: estas dos curvas son simétricas y no pueden coincidir; la primera se llama *dextrorsum* y la segunda *sinistrorsum*. En una hélice *dextrorsum* el polo boreal de la aguja está en la estremidad por donde entra la corriente, y en la *sinistrorsum* las corrientes circulares están dispuestas como en una aguja imantada paralela, donde el polo boreal está al lado opuesto por el punto que sirve de entrada á la corriente.

503. Cuando un sistema de pequeñas corrientes circulares é iguales, tienen los centros en una curva, y están recorridos en un mismo sentido y direccion, constituyen lo que M. Ampère llama *selenoide*. Los selenoides espuestos á una influencia electro-dinámica se conducen como imanes. Si el selenoide gira al derredor de un eje vertical dentro del circuito voltaico, la direccion del globo basta para que el eje adquiere la posicion paralela á la aguja de declinacion; pero si el movimiento se verifica en derredor de un eje perpendicular al meridiano magnético, adquiere la misma posicion de equilibrio que la aguja de inclinacion. Toda vez que el selenóide haya adquirido su equilibrio, basta cambiar el sentido de la corriente para que tome movimiento, donde cada punto del eje describa una semi-circunferencia. En general, todo selenoide se presenta á la manera de un iman provisto del mismo eje y en el que el polo austral está á la izquierda del observador tendido sobre una de las espiras de la hélice. Estos aparatos actuan siempre como los imanes, y presentan los fenómenos propios de estos instrumentos.

504. Lo mismo se pueden obtener fenómenos eléctricos, usando del fluido magnético. M. Pixii construyó un aparato con el que ha obtenido corrientes eléctricas debidas á la influencia de un iman. Este aparato, fig. 205, consiste en un iman artificial A B, compuesto de varias herraduras de hierro, y con el manubrio C, gira sobre el plano de hierro dulce D E colocado de modo, que sus dos bases están próximas á los polos del iman; un hilo de cobre vestido de seda se enrolla siguiendo la misma direccion, y las dos porciones verticales y los extremos *x* y *z* se estienden para formar el circuito. La influencia del iman en movimiento desenvuelve la electricidad voltaica capaz de descomponer el agua; pero estos resultados son mas intensos, cuando se interrumpe el circuito metálico en el instante que los polos del iman y los de la herradura de

hierro, se hallan unos enfrente de los otros; entonces cambia el signo de la corriente y el máximo de efecto se consigue en el instante de interrumpirla en el punto mas distante; para esta suspension se han ideado varios medios, y las corrientes cambian periódicamente de direccion. M. Masson ha inventado un aparato para las suspensiones sucesivas de un circuito, aumentando las sacudidas debidas á la corriente secundaria, de manera que producen una violenta conmocion quizá peligrosa. Estas conmociones se consiguen con el aparato de M. Clarke, donde el iman está fijo y la herradura de hierro con su hilo enrollado y vestido de seda, gira por medio de un manubrio. Con este aparato se prueba que la temperatura aumenta con la rapidez de la sucesion de las corrientes, y cuando esta velocidad de rotacion varia, cambian las temperaturas correspondientes.

Los efectos químicos presentan iguales fenómenos; de modo que la cantidad del cuerpo que descompone aumenta la velocidad de rotacion, y cuando llega á su límite disminuye si aumenta aquella velocidad. De aquí se infiere, que la influencia de la rotacion no consiste solamente en obtener un número mayor de corrientes en el mismo espacio de tiempo, sino dar á cada una mayor intensidad.

Por lo que acabamos de esponer se puede vislumbrar la analogia entre los fluidos eléctrico y magnético; analogia que algunos miran como una identidad. A pesar de los adelantos de la fisica, despues de los descubrimientos de Melloni nos hallamos impulsados á creer que estos cuatro fluidos provienen de un *ente* puesto en accion bajo distintas influencias, de las que depende el manifestarse en cada uno de los cuatro estados. Quizá los fenómenos que fisiológicamente hablando llamamos vitales, no son otra cosa que el mismo *ente* dado á conocer de diverso modo.

FIN.

ELEMENTOS DE QUIMICA.

LECCION I.

Definición. Química es la ciencia que estudia la composición, las propiedades y las transformaciones de la materia.

1. La química se divide en dos ramas principales: la química teórica y la química aplicada. La química teórica estudia las leyes generales que rigen las transformaciones de la materia, mientras que la química aplicada estudia las aplicaciones prácticas de estas leyes.

2. La química se divide también en varias ramas secundarias: la química orgánica, que estudia los compuestos de carbono; la química inorgánica, que estudia los compuestos de los demás elementos; la química física, que estudia las propiedades físicas de la materia; la química analítica, que estudia los métodos para determinar la composición de las sustancias; y la química industrial, que estudia las aplicaciones de la química en la industria.

ELEMENTOS DE QUÍMICA

ELEMENTOS DE QUÍMICA.

Nociones preliminares.

LECCION I.

Definición.-Cuerpos simples y compuestos.-Número de los primeros.-Moléculas y integrantes constituyentes.-Enumeración y clasificación de los cuerpos simples.-Nomenclatura.

1. La química es aquella parte del estudio de la naturaleza que dá a conocer los cuerpos elementales, examina sus mútuas acciones, las fuerzas que rigen á las combinaciones y descomposiciones, y las leyes que presiden á su estado atómico.

2. El hombre y cuanto le rodea está compuesto de cuerpos *elementales* ó *simples*; el número de estas sustancias es indeterminado, y aumenta con los progresos de la ciencia. Los cuerpos simples son aquellos, que en el estado actual de la ciencia, constan de una sola y misma sustancia, como el azufre, el oro, etc., y de sus mútuas combinaciones resultan todas las existencias del mundo material: se dividen en dos grandes secciones, *metaloides*

y metálicos; su número asciende á 64, y constituyen una série eléctrica que empieza por el oxígeno que es el mas electropositivo, y concluye por el potasio que parece ser el mas electropositivo.

3. De la reunion de los cuerpos simples, resultan los que conocemos con el nombre de *compuestos*; como por ejemplo la galena que consta de azufre y plomo, etc. Estas combinaciones están formadas con cantidades fijas, que siempre son las mismas cualquiera que sea el método que empleamos para obtenerlas. No es posible marcar el número de elementos que pueden unirse para dar origen á un compuesto; parece que no debe pasar de seis, porque la estabilidad de las combinaciones disminuye á medida que el número de elementos aumenta, aun cuando la fuerza que los mantiene reunidos permanezca la misma; de ahí se infiere, que los cuerpos compuestos se multiplican de tal manera, que su número parece no tiene límites. Sin embargo, cuando una sustancia elemental se combina con otra tomada por tipo, solo da nacimiento á un número fijo y determinado de compuestos. Los cuerpos que tienen mas de seis elementos, carecen de la homogeneidad propia á los compuestos, y solo presentan un agregado de varias combinaciones de un orden inferior; de suerte que es imposible reunir en un solo compuesto, un número de elementos que pase de seis ó siete.

En quimica se llama *cuerpo compuesto*; los que están formados de dos ó mas elementos unidos segun las leyes de las proporciones múltiples (64), y las *mezclas* cuando en la combinacion no presiden aquellas leyes; en toda mezcla existe un compuesto real que sirve de tipo, y el cuerpo superabundante se halla interpuesto ó disuelto en él.

4. Los cuerpos simples ó compuestos resultan de la reunion de partes *indivisibles* colocadas á distancias que no pueden observarse, y sostenidas por una fuerza particular. A estas partes indivisibles, se les dá el nombre de *átomos*; la reunion de dos ó mas átomos constituye una *molécula* ó *partícula*, y el conjunto de estas componen los cuerpos materiales.

Las moléculas son *integrantes* ú homogeneas, cuando se refieren á un cuerpo ó hacen parte de él; así una pequeña cantidad de azufre, azúcar ó plomo, si suponemos que es una molécula, será una *molécula integrante*, porque consta de las mismas partes constitutivas que la masa de donde se separó, y no habra mas diferencia que la que resulta de la cantidad. Las moléculas *cons-*

constituyentes ó heterogéneas, son las que contribuyen á la formación de una molécula compuesta; así en la galena el azufre y el plomo son moléculas constituyentes, en el azúcar lo son el oxígeno, el carbono y el hidrógeno. De ahí se infiere, que los cuerpos simples constan de moléculas integrantes, y los compuestos de integrantes respecto á la masa, y constituyentes por lo que toca á su composicion.

5. Segun dijimos (2), el número de los cuerpos simples asciende á 64, sin contar los fluidos imponderados: estos forman una série eléctrica que empieza por el oxígeno y concluye con el potasio: cada elemento es electro-negativo con los que le preceden, y positivo con los que le anteceden. La siguiente tabla contiene los nombres segun su rango eléctrico.

ESPAÑÓLES.	LATINOS.	ESPAÑÓLES.	LATINOS.
Oxígeno.....	Oxygenium.	Oro.....	Aurum.
Fluor.....	Phluorum.	Ilmenio.....	Ilmenium.
Cloro.....	Chlorum.	Osmio.....	Osmium.
Bromo.....	Bromum.	Rutenio.....	Ruthenium.
Yodo.....	Iodum.	Iridio.....	Iridium.
Azufre.....	Sulphur.	Platino.....	Platinum.
Selenio.....	Selenium.	Rodio.....	Rodhium.
Fósforo.....	Phosphorum.	Paladio.....	Palladium.
Nitrógeno ó Azoe...	Nitrogenium.	Plata.....	Argentum.
Carbono.....	Carbónicum.	Mercurio.....	Hidrargyrum.
Boro.....	Borum.	Urano.....	Uranium.
Silicio.....	Silicium.	Cobre.....	Cuprum.
Arsénico.....	Arsenicum.	Bismuto.....	Bismuthum.
Cromo.....	Cromium.	Estañó.....	Stannum.
Vanadio.....	Vanadium.	Plomo.....	Plumbum.
Molibdeno.....	Molibdænum.	Cadmio.....	Cadmium.
Tungsteno ó Wolfran	Wolfranium.	Zinc.....	Zincum.
Antimonio.....	Stibium.	Niquel.....	Niccolum.
Teluro.....	Tellurium.	Cobalto.....	Cobaltum.
Pelopio.....	Pelopium.	Hierro.....	Ferrum.
Hidrógeno.....	Hydrogenium.	Manganeso.....	Manganium.
Niobio.....	Niobium.	Cerio.....	Cerium.
Tántalo ó Colombio.	Tantalum.	Lantano.....	Lantanum.
Titano.....	Titanium.	Didimio.....	Didymium.

Donio.....	Donium.	Alumínio.....	Aluminium.
Erbio.....	Erbium.	Magnesio....	Magnesium.
Terbio.....	Terbium.	Calcio.....	Calcium.
Thorium.....	Thorium.	Entroncio....	Strontium.
Dideio.....	Dideium.	Bario.....	Barium.
Zirconio.....	Zirconium.	Litio.....	Lithium.
Itrio.....	Itrium.	Sodio.....	Natrium.
Glucinio.....	Glucium.	Potasio.....	Kalium.

Todos estos cuerpos son sólidos á la temperatura y presión ordinaria, menos el oxígeno, el cloro, el nitrógeno y el hidrógeno que son gaseosos, y el bromo y el mercurio que son líquidos: el fluor es hipotético.

Se dividen en dos grandes secciones; á saber: *metaloides* ó no metálicos, y *metales* propiamente dichos. Los primeros son aquellos que á la temperatura y presión ordinaria son gaseosos, y además los que siendo sólidos ó líquidos son malos conductores de la electricidad y del calórico, transparentes ó traslúcidos, y funcionan siempre como cuerpos eléctrico-negativos: en el día se colocan en esta sección, el *oxígeno, fluor, cloro, bromo, iodo, azufre, selenio, fósforo, nitrógeno, carbono, boro, silicio, arsénico, telurio é hidrógeno*. De estos los eminentemente negativos se llaman *comburentes*, como el oxígeno, fluor, cloro, bromo, iodo y azufre; los demás, incluso los metales, llevan el nombre de *combustibles*.

Los metales son aquellos que poseen brillantez ó la pueden adquirir con el bruñidor, buenos conductores del calor y de la electricidad, sólidos á la temperatura ordinaria (menos el mercurio), y opacos si están reducidos á hojas de algunos centésimos de línea de espesor. Para facilitar su estudio se dividen en seis secciones, según su fuerza de combinación para con el oxígeno del aire, y en tendencia á descomponer el agua. No se conoce una línea de división que separe los metaloides de los metales; la relación eléctrica de algunos cuerpos se modifica con la naturaleza del compuesto de que hacen parte, y la conductibilidad calorífica y eléctrica sufre también grandes alteraciones; de modo que esta división se admite, porque facilita á los principiantes el estudio de la ciencia.

7. PRINCIPIOS EN QUE SE FUNDA LA NOMENCLATURA QUÍMICA. La nomenclatura que á últimos del siglo pasado dieron Lavoisier, Fourcroy, Berthollet y Guyton de Morveau no satisface las ne-

cesidades de la ciencia, á pesar de las modificaciones introducidas por Berzelius, Davy, Dumas y otros químicos de nota. No obstante, la presentaré tal cual se admite, haciendo notar, aun que de paso, algunos de sus principales defectos.

8. *Cuerpos simples*. Los nombres de los cuerpos simples no están sujetos á reglas fijas, y conviene que no tengan relacion con ninguna de sus propiedades, historia, preparacion ó usos; de suerte, que estos nombres han de ser *insignificativos* procurando que se presten á las terminaciones de los compuestos.

9. *Cuerpos compuestos*. Los cuerpos compuestos son binarios, ternarios y cuaternarios: rara vez tienen mayor número de elementos. Su nomenclatura depende de sus funciones químicas, y de las proporciones de los principios constitutivos: para lo primero hay que tener en cuenta el estado electro-químico de los componentes, bien sean sustancias simples, bien compuestos binarios. Para ello se descomponen por la pila eléctrica: el reóforo positivo atrae los cuerpos negativos, y el reóforo negativo á los positivos. Esta descomposicion tiene lugar con los compuestos binarios, y se consiguen sus elementos; pero con los ternarios y cuaternarios, se obtiene un compuesto binario negativo en el reóforo positivo, y otro tambien binario positivo en el reóforo negativo; si el cuerpo que se descompuso era ternario, en cada una de las dos combinaciones se halla el elemento negativo que es comun.

10. *Cuerpos binarios*. Los compuestos binarios pueden ser *ácidos* ó atraídos por el reóforo positivo, *básicos* ó que se encuentran en el reóforo negativo, ó *indiferentes*, es decir, que funcionan como ácidos ó como bases segun las circunstancias. En todos ellos el elemento negativo dá un nombre sustantivo acabado en *ico* ó *uro*, y el positivo un nombre abjetivo cuya terminacion califica á qué clase de las tres indicadas pertenece el sustantivo.

11. *Ácidos ó cuerpos binarios negativos*. Los cuerpos eléctrico negativos, funcionan como ácidos; entouces el nombre abjetivo acabará en *ico* ó en *oso*; asi decimos, ácido sulfúrico, ácido sulfuroso, etc. La voz ácido debe ser genérica, calificando su especie con un nombre formado de los elementos que le constituyen; asi el ácido sulfúrico, deberia llamarse ácido *óxi-sulfúrico* etc. Los ácidos constan de dos principios, uno eléctrico negativo que puede ser simple ó compuesto llamado *principio acidificante*, y otro eléctrico positivo que tambien puede ser simple ó compuesto que lleva el nombre de *radical*.

Generalmente se dá la terminacion en *ico*, al compuesto ácido que tiene mayor cantidad de elemento negativo: si un mismo radical no puede dar origen mas que á un solo ácido, tambien acabará en *ico*; si forma dos el mas negativo termina en *ico* y el otro en *oso*; en el caso de presentar tres combinaciones ácidas, la intermedia entre las dos indicadas, concluirá en *ico* anteponiéndole la partícula *hypo*; y finalmente, siendo cuatro, la última acabará en *oso* precedida tambien de la partícula *hypo*; así decimos, ácido sulfúrico, hypo-sulfúrico, sulfuroso é hypo-sulfuroso. Mas puede suceder que otros descubrimientos indiquen otro ácido mas negativo, en cuyo caso se antepone al adjetivo del ácido acabado en *ico*, la partícula *hyper*; como ácido-hyperclórico, clórico, etc.

Habrà algun radical que uniéndose con el principio acidificante en varias proporciones, aumentará el número de los ácidos de su série; entonces de los cinco que hemos enseñado á denominar, se toma de entre ellos aquel cuya composicion sirva de tipo á los nuevos productos, se añade el nombre del radical acabado en *alo* y precedido de una partícula que dé á conocer sus equivalentes; como ácido hypo-sulfúrico, mono-sulfurado; hypo-sulfúrico, bi-sulfurado; hypo-sulfúrico, tri-sulfurado; etc. Se ha propuesto anteponer al radical una partícula que represente el número de sus equivalentes; así decimos, ácidos mono-tiónicos, los que tienen un equivalente de azufre; di-tiónicos, si tienen dos; tri-tiónicos, cuando tres, etc.

12. El fluor, cloro, bromo, iodo, azufre, selenio y telurio combinados con el hidrógeno constituyen ácidos, que se llaman impropriamente *hidrácidos*. Berzélius los designa tomando la partícula del elemento negativo seguido de la voz *hidrico* para representar el hidrógeno; de este modo forma los nombres de *ácido fluoridrico*, *cloridrico*, *bromidrico*, etc.

La partícula *hidro* no significa hidrógeno, y sí agua; por cuya razon en 1837 propuse componer un adjetivo con el elemento negativo acabado en *ido* y el positivo que siempre es el hidrógeno, en *ico*, como ácido fluórico-hidrogénico, bromido-hidrogénico, iódido-hidrogénico, sulfido-hidrogénico, selenido-hidrogénico, telurido-hidrogénico.

13. En el caso de que el principio acidificante fuese un cuerpo compuesto, como el *cianógeno* que consta de nitrógeno y carbono, se sigue la regla general; así decimos, *ácido cianido-hidrogénico*. Cuando el cianógeno se combina con el oxígeno entonces es radical, como se vé en los ácidos ciánico, fulmíni-

co y cianúrico. Todos los compuestos de los metaloides entre sí capaces de funcionar como ácidos, se sujetarán á las reglas espuestas.

14. Los *ácidos orgánicos* constan de tres, cuatro y aun de cinco elementos, y se dividen en dos grandes séries: unos que tienen un *radical compuesto* bien determinado, que unido con el principio acidificante forma el ácido, y otros en los que estos radicales son *hipotéticos*. Su nombre adjetivo se obtiene tomando por tipo el del líquido, órgano ú otra parte del ser que lo produjo, y terminándolo en *ico*; este nombre recuerda el del radical que le sirve de base, y si un radical dá origen á dos ácidos el mas negativo acaba en *ico* y el otro en *oso*. Sucede que algunos ácidos orgánicos se modifican por la influencia de varios agentes, y estos nuevos productos se distinguen cambiando alguna vocal del ácido, ó añadiendo una sílaba; como ácido tártrico, ácido tartrélico, ácido tartrálico, etc.

M. Berzélius divide los radicales orgánicos en tres secciones: la primera consta de los formados de carbono é hidrógeno, aun cuando sean hipotéticos, estos acaban en *ido*, como *formilo*, *metilo*, *cinamilo*, etc.; la segunda contiene los que resultan de la union del carbono y el nitrógeno, y terminan en *am*, como *metilam*, *parabam*, etc.; y la tercera los que provienen del carbono, del nitrógeno y del hidrógeno, que concluyen en *eno*, como *liteneno*, *indeno*, etc.

15. Los ácidos en general se dividen en mono-básicos, tri-básicos, y poli-básicos, segun necesitan para saturarse uno, dos, tres ó mas átomos de base.

16. *Bases ó cuerpos positivos*. Estos compuestos dan un nombre sustantivo acabado en *ido*, y un adjetivo con su nombre propio; así decimos, óxido de potasio, clòrido de *oró*, etc. Como el elemento negativo puede estar en diferentes proporciones, que tienen la relacion de 1, $\frac{3}{2}$, 2, 3, etc. se designan estas cantidades anteponiendo las palabras *proto*, *sesqui*, *bi*, *tri*, etc. y la última combinacion por la partícula *per*; como protóxido de plomo, sesqui-súlfido de estaño, bi-selénido de plata, tri-clòrido de potasio, per-óxido de manganeso, etc. Sin embargo, cuando tienen un exeso del elemento negativo funcionan como ácidos, en cuyo caso el adjetivo acaba en *ico* ó en *oso*; como, óxido mangánico, óxido estágnico, estagnoso, etc. Los ácidos y las bases se distinguen tambien genéricamente por el elemento negativo: así decimos, oxácidos, sulfácidos, clorácidos, etc. oxibases, clorobases, sulfobases, etc.

Estos nombres son tan abstractos como los usados por Berzelius; las voces de óxido férrico, óxido ferroso, presentan las mismas ventajas que las de protóxido de hierro, etc. y los grados intermedios pueden designarse con mas exactitud que siguiendo al ilustre Sueco.

17. Se admite un radical hipotético de naturaleza metálica compuesto de hidrógeno y nitrógeno, que se llama *ammónio*, el que con un equivalente de agua da el óxido de ammonio ó *amoniaco*.

18. En la química orgánica se designan á los alcaloides haciéndolos terminar en *ina*, como quinina, emetina, estrignina, quinoleina, etc. Hay muchos cuerpos que tienen esta terminación y no pertenecen á las bases orgánicas, como digitalina, salicina, fibrina, gelatina, etc.

19. Los radicales hipotéticos que en el reino orgánico funcionan como cuerpos electro positivos terminan en *ilo*, como etilo, metilo, cetilo, glicerilo y amilo. La *amida* pertenece á esta clase y debe llamarse *amidilo*.

20. *Cuerpos indiferentes*. Estos compuestos no tienen carácter bien determinado; el sustantivo termina en *uro*, y el adjetivo con su nombre propio, designando los equivalentes del elemento negativo con las partículas *proto*, *sesqui*, *bi*, etc; así decimos, proto-ioduro de azufre, sesqui-cloruro de carbono, etc. Se conserva aun el nombre de óxido con los metaloides que no tienen carácter ácido, como óxido de carbono, óxido de fósforo, etc. Si alguno de estos compuestos es gaseoso se hace acabar el adjetivo en *ado*, como hidrógeno arseniado, fósforo hidrogenado, etc.

21. *Aleaciones*. Las combinaciones de los metales á proporciones definidas se sujetarán á las reglas dadas; así diremos, cobruzo de hierro, platinuro de paladio y radio. Las simples mezclas se designarán con el nombre de *aleacion*, seguido del de los metales que la componen segun su rango eléctrico; como aleacion de oro y plata etc. La voz *amalgama* debe desterrarse de todo sistema de nomenclatura.

LECCION II.

Continuacion de la nomenclatura.--Signos y fórmulas químicas.--Carácteres físicos y organolépticos para distinguir los cuerpos.

22. *Sales*. Cuando se combinan dos cuerpos compuestos en

los que se neutralizan de un modo mas ó menos reciprocamente sus propiedades electro químicas, se dice que se ha formado una *sal*. Esta voz indica desde luego la preexistencia de dos principios compuestos, uno negativo que es ácido, y otro positivo que es la base: el primero constituye el *género* y el segundo la *especie*. Cuando el ácido termina en *ico*, la sal terminará en *ato*; y si aquel concluye en *oso* la sal acabará en *ito*; así, el ácido sulfúrico forma los *sulfatos*, el sulfuroso los *sulfitos*, el hypo fosfórico, los *hypo-fosfatos*, el per-manganico los *per-manganatos*, etc. La base constituye la *especie*; de modo, que las sales à base de hierro pertenecen à la especie *ferruginosa*.

23. Las sales obran de tres modos diferentes: cuando el ácido predomina se llaman *sales ácidas*, en el caso opuesto se designan con el nombre de *sales básicas* y si no sobresale ninguno de los dos principios antagonistas constituyen las *sales neutras* à los reactivos ordinarios: esta neutralidad es un estado relativo. Las sales ácidas y las básicas se distinguen entre sí por medio de nombres que manifiestan los equivalentes que las forman, los que antepuestos indican los múltiplos del ácido, y pospuestos los de la base, añadiendo entonces la palabra *básica*; como,

AT. ACIDO.	AT. BASE.	NOMBRE DE LA SAL.
1.	1.	Sal neutra.
3.	2.	Sesqui-sal.
2.	1.	Bi-sal.
3.	1.	Tri-sal.
2.	3.	Sal sesqui-básica.
1.	2.	Sal bi-básica.
1.	3.	Sal tri-básica.

Si se representa la composicion de las sales por equivalentes basta sustituir el átomo al equivalente. La teoría de los ácidos uni-básicos, bi-básicos, etc. niega ó modifica este modo general de representar la composicion de las sales.

24. La nomenclatura de las sales cuyos ácidos tienen por radical un cuerpo metálico, sigue las mismas reglas; así decimos, cromato de protóxido de plomo, etc. Del mismo los clorá-

cidos, sulfúricos, etc., forman *alorales* y *sulfosales*, y por esto decimos *sulfo carbonato potásico* ó de protóxido de potasio, *cloromercuriato de amoniaco*, etc. En las sales de doble base, se designan las bases segun su rango eléctrico, empezando por la negativa; como, sulfato de alúmina y potasa, etc.

25. Cuando un ácido bibásico se neutraliza con dos equivalentes de base, de los que cada uno pertenece á distinto metal, constituyen los compuestos llamados *eméticos*; así decimos, *emético de antimonio* al tartrato antimónico potásico, *emético de plata*, al tartrato argéntico-potásico.

226. Las combinaciones del agua, y en general, las de todo cuerpo indiferente, se arreglan á sus funciones químicas. Si el agua obra como negativa, acaba en *ato*; como, *hidrato de potasa*; si es positiva en *ado*, como *ácido bórico hidratado*. Parece que cuando el agua funciona como base, se añade al nombre del cuerpo negativo la palabra *hidrico*, con la partícula que manifiesta sus equivalentes; así decimos, *sulfato mono-hidrico* al ácido sulfúrico con un equivalente de agua.

27. Se llama *cópula* á ciertas combinaciones donde no se observan las propiedades peculiares á los componentes: sus nombres no tienen relacion con los de los elementos, ni con el número de átomos puestos en accion.

28. *Signos y fórmulas químicas*. Los signos y fórmulas químicas están destinados á representar la constitucion de todos los cuerpos; *son una traduccion del lenguaje químico al lenguaje literal*.

29. Dados á conocer los cuerpos simples segun su relacion eléctrica, las iniciales de los nombres latinos representan dichos elementos tomados aisladamente, y representando un solo átomo. Si la inicial hubiere servido para indicar otro cuerpo mas negativo, como sucede con el cloro, el carbono, el cobre etc., que todos tienen la inicial C, entonces se añade una letra minúscula. Las combinaciones de dos ó mas cuerpos se indican con las iniciales de sus elementos, y cuando uno de los átomos simples está repetido, ó que un átomo binario, ternario ó cuaternario está duplicado ó triplicado, se coloca un esponente en el primer caso, ó un coheficiente en el segundo, el cual da á conocer el número de átomos elementales ó compuestos que se quiere representar; así O significa un átomo de oxígeno, S uno de azufre, Se uno de selenio, etc. O₃ tres át. de oxígeno, O₃ S un át. de ácido sulfúrico sin agua, 2O₃S dos át. de este último, ácido etc.

30. Cuando una fórmula consta de varios términos, *se empieza la anotación por la más electro-negativa*; en este caso el coeficiente afecta á un solo término, los cuales se separan con una coma ó un punto; así $2O_3S, OPb$ es una sal que consta de dos átomos de ácido sulfúrico y uno de óxido de plomo. Cuando el coeficiente tiene que afectar á toda la fórmula, se colocan los términos en un paréntesis, y el coeficiente fuera de él; como $4(O_3S, OH)$, que indica 4 at. de ácido sulfúrico mono-hídrico.

31. Las fórmulas pueden ser *empíricas y racionales*: las primeras representan á los at. en globo, como O_4SH^2 que dá á conocer un at. de ácido sulfúrico mono-hídrico; y las segundas manifiestan el modo como los átomos están combinados, como O_3S, OH^2 , que dice que en el ácido sulfúrico mono-hídrico, hay un at. de ácido real y otro de agua.

32 M. Berzélius usa de signos convencionales que simplifican las fórmulas: para representar á dos átomos de un radical raya la inicial en su tercio inferior, como H que indica dos át. de hidrógeno; el oxígeno lo señala con puntos sobre el radical, el cloro con líneas diagonales, y el azufre con comas, "s" C, Ag, etc.

33. Para basar todo mi sistema en los principios electro-químicos, representaré los signos de los cuerpos simples según el lugar que ocupan en la escala electro-química. De este modo la fórmula será la expresión de toda una teoría, pues al paso que dará á conocer el número de elementos de un compuesto y las cantidades ponderables que contiene, manifestará la relación eléctrica de los principios que constituyen cada término.

Nombres.			Pesos.		
ESPAÑOLES.	LATINOS.	Fórmula.	Átomo.	Equivalente.	At. que componen un eq.
Oxígeno....	Oxygenium..	O...	100	100	1 át.
Fluor.....	Phluorum...	P...	117,717	235,435	2 át.
Cloro.....	Clorum.....	Cl...	221,64	443,28	2 át.
Bromo.....	Bromum.....	Br...	449,81	999,62	2 át.
Iodo.....	Iodum.....	I....	792,936	1585,992	2 át.
Azufre.....	Sulphur.....	S...	200,75	200,75	1 át.
Selenio.....	Selenium.....	Se..	495,285	495,285	1 át.

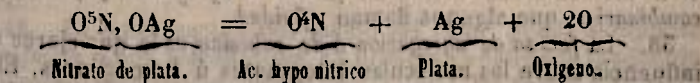
Fósforo....	Phosphorus.	Ph..	200,00	100,00	2 at.
Nitrógeno..	Nitrogenium	N...	87,53	475,06	2 at.
Carbono....	Carbónicum.	Ca..	73,12	73,12	1 at.
Boro.....	Borum.....	Bo..	136,204	136,204	1 at.
Silicio.....	Silícium.....	Si..	277,778	277,778	1 at.
Arsénico....	Arsénium....	A...	469,40	938,80	2 at.
Cromo.....	Cromicum...	Cr..	328,87	657,74	2 at.
Vanadio....	Vanadium....	V...	856,892	856,892	1 at.
Molibdeno..	Molybdenum	M...	596,10	596,10	1 at.
Tungsteno..	Wolfranium.	W...	118,836	118,836	1 at.
Antimonio..	Stibium.....	Sb..	806,452	1612,904	2 at.
Teluro.....	Tellurium....	T...	801,76	801,76	1 at.
Pelopio....	Pelopium....	Pe..	,	,	,
Hidrógeno..	Hydrogenium	H...	6,25	12,50	2 at.
Niobio.....	Niobium.....	Ni..	,	,	,
Tántalo....	Tantalum....	Ta..	1148,365	1148,365	1 at.
Titano.....	Titanium.....	Ti...	301,55	301,55	1 at.
Oro.....	Aurum.....	Au..	1227,80	1227,80	1 at.
Itmenio....	Iimenium....	Il...	,	,	,
Osmio.....	Osmium.....	Os..	1242,624	2485,248	2 at.
Rutenio....	Ruthenium..	R...	646,0	646,0	1 at.
Iridio.....	Iridium.....	Ir...	1232,08	2464,16	2 at.
Platino....	Platinum....	Pl..	1232,08	1232,08	1 at.
Rodio.....	Rhodium....	Ro..	651,962	651,962	1 at.
Paladio....	Palladium....	Pd..	665,477	665,477	1 at.
Plata.....	Argentum....	Ag..	1349,66	1349,66	1 at.
Mercurio....	Hydrargirum	Hg..	1251,29	1251,29	1 at.
Urano.....	Uranium.....	U...	742,875	742,875	1 at.
Cobre.....	Cuprum.....	Cu..	395,60	395,60	1 at.
Bismuto....	Bismuthum..	Bi..	1330,377	1330,377	1 at.
Estaño.....	Strannum....	Sn..	735,294	735,294	1 at.
Plomo.....	Plumbum....	Pb..	1294,645	1294,645	1 at.
Cadmio.....	Cadmium.....	Cd..	696,767	696,767	1 at.
Zinc.....	Zincum.....	Z...	406,501	406,501	1 at.
Niquel.....	Niccolum....	Nc..	369,33	369,33	1 at.
Cobalto....	Cobaltum....	Co..	368,65	368,65	1 at.
Hierro.....	Ferrum.....	Fe..	350,527	350,527	1 at.
Manganeso..	Manganium..	Mn..	344,684	344,684	1 at.
Cerio.....	Cerium.....	Ce..	547,70	547,70	1 at.
Lantalo....	Lanthanium.	L...	,	,	,
Didimio....	Didymium...	D...	,	,	,

Donio.....	Donium.....	Do..	, , ,	, , ,	, , ,
Erbio.....	Erbium.....	E..	, , ,	, , ,	, , ,
Terbio.....	Terbium.....	Tr..	, , ,	, , ,	, , ,
Torinio.....	Thorium.....	Th	743,86	743,86	1 át.
Didelio.....	Didelium.....	Di..	, , ,	, , ,	, , ,
Zirconio...	Zirconium...	Zr..	419,728	839,456	2 át.
Itrio.....	Itrium.....	Y..	402,514	402,514	1 át.
Glucinio....	Glucium.....	G..	871,24	174,248	2 át.
Aluminio...	Aluminium..	Al..	170,90	341,80	2 át.
Magnesio...	Magnesium..	Mg.	158,14	158,14	1 át.
Calcio.....	Calcium.....	Cl..	251,657	251,657	1 át.
Estroncio...	Stroncium...	Sr..	543,929	543,929	1 át.
Bario.....	Barium.....	Ba..	855,29	955,29	1 át.
Litio.....	Lithium.....	Li...	81,66	81,66	1 át.
Sodio.....	Natrium.....	Na..	289,629	289,629	1 át.
Potasio.....	Kalium.....	K...	488,856	488,856	1 át.

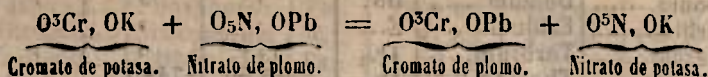
54. Los átomos pueden dividirse en átomos de *primero, segundo, tercero y cuarto orden*: los primeros resultan de la union de los signos de los cuerpos simples, que corresponden á un equivalente; así OCu representa un átomo de óxido de cobre; combinando los átomos del primer orden se consiguen los del segundo, como $O^3S + OCu$ que dá á conocer el sulfato cúprico; los átomos del tercer orden se forman de la union de los del segundo, como $O^2Ca, OCl + O^2CaOMg$ manifiesta un átomo de carbonato de cal unido á otro de carbonato de magnesia; y últimamente para el cuarto orden se coloca dentro de un paréntesis el átomo del tercero, y fuera de él y la derecha, el término que le falta; así $(3O^3S, O^3Al^2 + O^3S, OK) + 240H$ que indicá el sulfato doble de alumina y potasa.

El lenguaje químico escrito esplica las reacciones que tienen lugar y los compuestos que resultan, como se vé por los siguientes ejemplos:

1.º Descomposicion del nitrato de protóxido de plata por el calor.



2.º Recíproca descomposicion entre el cromato de plata y el nitrato de protóxido de plomo.



35. *Carácteres físicos y órgano lépticos que sirven para distinguir los cuerpos.* Los cuerpos se distinguen por sus carácteres físicos; así decimos, el azufre es amarillo, la plata es blanca, etc.; ó por las impresiones que ejerzan sobre nuestros órganos; como el olor de la canela, el sabor del vinagre etc. Los carácteres físicos son siete; á saber, 1.º los estados de agregacion por la influencia del calor y de la presion; 2.º el color que adquiere por este estado; 3.º el brillo ó lustre que se indica por comparacion, como brillo metálico, resinoso, etc.; 4.º su cohesion si se halla al estado sólido, ó de viscosidad si se presenta líquido; 5.º la densidad; 6.º la forma geométrica; y 7.º el aspecto del corte ó fractura, la que puede sea laminosa, grasienda, cristalina etc.

36. Los carácteres organolépticos se reducen á los tres sentidos del gusto, el olor y el tacto; por ellos juzgamos del sabor ácido, alcalino, estíptico, sacarino, etc. del olor particular de una sustancia, y de la suavidad del tacto. Entre los carácteres físicos algunos como la densidad, la temperatura y las formas cristalinas, pueden reducirse á número y medida.

LECCION III.

Fuerza de agregacion ó de cohesion.--Cristalizacion.--Dimorfismo y polimorfismo.--Isomorfismo.

37. Se llama *atraccion molecular ó quimica*, á la fuerza que mantiene reunidas las moléculas de todos los cuerpos, y sus efectos se verifican á distancias que no pueden medirse: la atraccion molecular se divide en *fuerza de agregacion* y *fuerza de combinacion*, que algunos llaman *afinidad*.

38. La *fuerza de agregacion ó de cohesion* es la que ejerce su influencia sobre las moléculas integrantes ú homogéneas. Ella dá á los cuerpos la solidez ó fluidez conque los vemos; así se nota, que en los sólidos es mas ó menos grande, bastante pequeña en los líquidos, poco perceptible en los vapores y casi

insensible en los gases; en los cuerpos sólidos está representada por la dureza, y en los líquidos por la viscosidad. El calórico y el eléctrico la modifican y aun la destruyen, y la pulverizacion y la accion disolvente tambien la rebajan.

39. *Cristalizacion.* Cuando los cuerpos sólidos han perdido su cohesion por una causa cualquiera y esta cesa de obrar, vuelven poco á poco á adquirir su primitiva solidez; entonces se presentan unas pequeñas masas aisladas ó aproximadas entre sí, terminadas por superficies planas y brillantes, que se llaman *cristales*. Muchas sustancias inorgánicas, no presentan á la simple vista forma alguna cristalina; los cristales rudimentarios son tan diminutos, que es menester observarlos con un microscópio. Otras veces ofrecen un conjunto irregular, donde no se descubre ningun vestigio que induzca á reconocer la presencia de un sólido geométrico; pero en este caso se puede llegar á encontrar un tipo cristalográfico, que sirve de *núcleo* á todo sólido regular, por el método llamado de *esfoliacion*.

40. Los cuerpos *amorfos* son aquellos que no presentan en su exterior ni en su fractura ningun indicio de cristalizacion. Sucede muchas veces que el cambio de líquido á sólido se verifica con demasiada prontitud, y el cuerpo se presenta amorfo; pero si tiene lugar con el reposo conveniente, las moléculas se agrupan de un modo uniforme y presentan una figura regular. La cristalizacion artificial se obtiene por medio de vehiculos disolventes, por el calor y por la electricidad que produce una pila débil.

41. Para cristalizar un cuerpo por disolucion se emplean dos métodos: 1.º disolver la sustancia en un vehiculo, y evaporar la disolucion: la forma de los cristales es tanto mas hermosa cuanto la evaporacion ha sido mas lenta. 2.º disolver el cuerpo sólido en el vehiculo por el intermedio del calor hasta que esté saturado, y por enfriamiento deja depositar cierta cantidad de la sustancia sólida perfectamente cristalizada. Leblanc aumenta el volumen de los cristales, colocándolos en agua saturada ó en *agua madre*, y abandonándolos á la evaporacion espontánea.

42. La cristalizacion por medio del calor, puede verificarse por *fusion* ó por *volatilizacion*. La primera se consigue fundiendo el cuerpo y dejándolo enfriar con lentitud: las partes que están en contacto del vaso y del aire se solidifican y se forma una *capa* cristalina, donde se hace un agujero para decantar la porcion líquida, el interior se ve tapizado de cristales: esta cavidad

se llama *geoda*. La segunda se practica cuando los cuerpos son volátiles: se introducen en un aparato apropiado, y se eleva la temperatura para que se reduzca á vapor, el que condensándose constituye los cristales.

43. La cristalización se activa: 1.º *agitando la disolución*, y entonces los cristales son pequeños: 2.º *por la densidad del líquido* siempre que en un mismo vehículo se hayan disuelto diversas sustancias, las que cristalizan primero son puras y los cristales regulares: 3.º *por el reposo*, que muchas veces impide la cristalización, pero así que se imprime un ligero movimiento el líquido se traba en una masa cristalina: 4.º *por vibración*, que determina la trasformación de un cuerpo amorfo en otro cristallino: 5.º *por la naturaleza de los vasos*, como sucede con las superficies escabrosas que favorecen la cristalización: 6.º *por la presencia de un sólido que sirve de vehículo*.

44. La forma de los sólidos no es un hecho accidental, é indica cierta analogía en las propiedades de los que tienen la misma figura; puede decirse que un mismo cuerpo cristaliza siempre, salvo muy ligeras escepciones, con la misma forma: la figura exterior es uno de los caracteres para distinguir y clasificar á los cuerpos.

45. Los cristales se agrupan segun sus caracteres de simetria y las cualidades físicas que les son peculiares, y estos grupos se llaman *sistemas cristalinos*. Los sistemas cristalinos son seis: 1.º *sistema cúbico*, que tambien se dice *regular*, y está caracterizado por tres ejes de una misma especie, perpendiculares entre sí: 2.º *sistema prismático recto de base cuadrada*, llamado *tetragonal*, y tiene tres ejes perpendiculares entre sí, pero solo dos son de una misma especie: 3.º *sistema romboédrico*, que lleva el nombre de *exagonal*, y consta de cuatro ejes, de los que tres son de la misma especie, y cortan en ángulos de 60º, pero el cuarto es de especie diferente y perpendicular á los otros tres: 4.º *sistema prismático rectangular recto*, que se denomina *rombico*, y está caracterizado por tres ejes de diferente especie; pero perpendiculares entre sí: 5.º *sistema prismático rectangular oblicuo*, que se llama *mono-klinóédrico*, y tiene tres ejes de diferente especie, de los que el primero es oblicuo sobre el segundo, pero perpendicular al tercero, y el segundo y el tercero perpendiculares entre sí: 6.º *sistema prismático oblicuo cuya base puede ser un paralelogramo oblicuángulo*, que se conoce con el nombre de *triklinóédrico*, y tiene tres ejes de especies diferentes y oblicuos los unos sobre los otros.

Las formas que componen estos sistemas no tienen ángulos entrantes, y en el caso de tenerlos el cristal está formado por dos individuos distintos, que se han justapuesto ó penetrado.

46. Las anotaciones cristalográficas representan la definicion de la cara del cristal á que se refieren; así en el octaedro regular, donde los tres ejes son semejantes y perpendiculares entre sí, da ($a : a : a$); siendo a los parámetros, ó la longitud de los ejes tomada desde el centro á la cara del cristal.

Para medir los ángulos diedros de los cristales, se emplea el goniómetro, que puede ser de aplicacion ó de reflexion.

47. *Dimorfismo y polimorfismo.* Algunos cuerpos tienen la propiedad de adquirir dos figuras geométricas de distinto sistema, por cuya razon se llaman *dimorfos*. El azufre cristalizando por fundicion presenta la forma de un prisma prolongado oblicuo á base romba, y por disolucion la de un octaedro recto á base romba: formas que son incompatibles, porque la primera pertenece al quinto sistema y la segunda al cuarto. El fenómeno de los cuerpos dimorfos se llama *dimorfismo*.

48. Estas variaciones de forma modifican las propiedades físicas de los cuerpos; de modo que la dureza, la densidad, la brillantez, la solubilidad, los caracteres ópticos, etc. no son los mismos para dos sustancias, aun cuando tengan idéntica composicion elemental.

49. El dimorfismo supone que la cristalizacion se ha verificado bajo diversas condiciones. Las fuerzas que agrupan á las moléculas en cristales, varían de intensidad y tal vez de naturaleza; lo que supone que la temperatura, cuando menos, ha sido diferente. M. Mitscherlich ha demostrado, que los cuerpos dimorfos pasan de una forma á la otra por la influencia del calor; así el sulfato de níquel que cristaliza en prismas rectos, por un calor moderado cambia su interior en una série de octaedros á base cuadrada.

M. Beudant ha dicho, que la temperatura de la disolucion, el estado eléctrico, la presencia de un cuerpo extraño, etc. son causas que contribuyen á variar las formas secundarias. En el estado actual no se conoce ningun cuerpo que pueda presentar mas de dos sistemas cristalográficos, de modo que no existen *cuerpos polimorfos*: sin embargo, Butigny dice, que el carbono es trimorfo.

50. *Isomorfismo.* Se llaman átomos ó cuerpos *isomorfos* á los que cristalizan con formas que pertenecen á un mismo sistema cristalino: estos cuerpos se reemplazan en los compuestos sin

alterar sensiblemente la figura de los cristales ni el valor de los ángulos. El fenómeno se denomina *isomorfismo*.

Las sustancias compuestas que tienen la composicion semejante, afectan formas cristalinas muy parecidas, y cuyos ángulos tienen con muy corta diferencia el mismo valor. Estos cuerpos cuando cristalizan juntos se reemplazan mutuamente, dando siempre el mismo tipo cristalino y variando las proporciones segun las circunstancias. Por esta razon vemos que un cristal de sulfato de cobre sumergido en una disolucion de sulfato de hierro y cuya temperatura sea apropósito para la cristalización, aumenta de volúmen á espensas de la sal ferruginosa: si luego se pone en la disolucion cobriza, aumenta por la superposicion de nuevas capas, y se obtiene un cristal complejo.

El isomorfismo se modifica por varias causas, entre las que el calor es de lo mayor importancia. Las sales toman distinto equivalente de agua segun la temperatura á que se hacen cristalizar, y esta circunstancia, que á la verdad cambia la composicion elemental, produce diversas formas cristalinas: tal sucede con el sulfato de hierro, el de magnesia, el de manganeso, etc. Por medio del isomorfismo se sabe la composicion elemental de varios compuestos: la alúmina, por ejemplo, es isomorfa con el sesqui-óxido de cromo, ó con el sesqui-óxido de hierro; luego sabiendo los equivalentes de oxígeno y aluminio que contiene, los otros dos óxidos están formados de idénticas proporciones.

LECCION IV.

Fuerza de combinacion.--Causas modificantes.--Teoria electro-química. Analisis y sintesis.

31. La *fuerza de combinacion*, llamada durante mucho tiempo de *afinidad*, dá á conocer cierto antagonismo entre los cuerpos que reaccionan, los que son tanto mas afines, cuanta mayor es la distancia que los separa en su relacion electro-química.

32. La *fuerza de combinacion* es, por consiguiente, la que tiende á unir los átomos ó moléculas de naturaleza diferente, dando nacimiento á un compuesto de propiedades distintas á las que tenían los componentes.

Esta fuerza aumenta ó disminuye por agentes físicos y mecá-

nicos que la alteran, haciendo que las combinaciones aumentan ó disminuyen su estabilidad, ó se destruya la que es peculiar á los elementos que la forman. Estos modos de obrar, se llaman *modificaciones*, y á los agentes *causas que modifican la fuerza de combinacion*.

55. Las causas que modifican la fuerza de combinacion; se dividen en primarias y secundarias, las primarias son;

1.^a *La cantidad respectiva de materia*. Si tomamos tres cuerpos compuestos, el primero de un at. de A y otro de B, el segundo dos de A y uno de B, y el tercero tres de A y uno de B; será fácil separar una parte de A en el segundo caso, mientras que no será posible aislar á B: con mayor razon se separará cierta cantidad en el tercer caso, y no se podrá obtener á B. Esta causa proviene de la repulsion que ejercen los átomos homogéneos

2.^a *El estado de los cuerpos*. La accion que tienen los cuerpos unos sobre otros, varia segun obran libres ó combinados; por esta razon el azufre combinado con el plomo, no tiene sobre la plata la misma accion que si estuviese libre.

3.^a *La cohesion*. La fuerza de cohesion es un obstáculo para la combinacion. Si la cohesion es mayor que la fuerza de combinacion, los cuerpos no se combinan, y se disminuye su influencia por medio del fluido calórico; por esta razon toda combinacion se verifica entre los líquidos con mas actividad, y mejor aun entre dos sustancias gaseiformes.

4.^a *El calórico*. Este agente obra destruyendo la fuerza de cohesion, ó bien disminuye la atraccion que unia á las molèculas, y en ciertos casos interviene para que los cuerpos adquieran un estado eléctrico particular.

5.^a *El luminico*. Sus efectos son parecidos á los del calor.

6.^a *El eléctrico*. Bajo la accion de este agente se combinan ó se descomponen los cuerpos, siendo el regulador de las acciones moleculares.

7.^a *La densidad*. En las combinaciones los cuerpos mas densos tienden á ocupar el fondo de los vasos; por cuya razon se agitan para que la union sea mas perfecta.

8.^a *La presion*. Esta fuerza contribuye á la combinacion de gases con los líquidos; tal sucede con las bebidas espumosas, etc.

9.^a *La volatilidad*. La volatilidad obra contra las tendencias eléctricas de los cuerpos que forman un compuesto: la preparacion del potasio descomponiendo el hidrato por el hierro y el calor nos dá de ello un ejemplo.

40.ª El *contacto*. Hay ciertos cuerpos que por el simple contacto favorecen ó destruyen una combinacion.

Las causas secundarias son, la solubilidad, la fusibilidad, la contractilidad, la condensabilidad, la dilatabilidad y la elasticidad.

54. La fuerza de combinacion es diferente para cada cuerpo, y su accion depende de la cantidad de materia, y del lugar que ocupa en la escala electro-química; así se nota, que en las acciones moleculares unos reemplazan á otros, y este fenómeno se llama *sustitucion ó metalepsia*. Se conoce con el nombre de *fuerza catalytica* ó de *presencia* á la fuerza que produce el simple contacto de varios cuerpos; de donde resultan sustancias nuevas ó se destruyen otras, sin que varie de estado ni de forma la materia que ocasiona estas reacciones de combinacion ó de descomposicion; la accion del oxígeno sobre el hidrógeno por la presencia del platino, y las reacciones llamadas fermentaciones, dan una idea de dicha fuerza.

55. Se llaman *metamórfosis*, á la alteracion que sobreviene á las moléculas de un cuerpo compuesto, por una reaccion ó por la intervencion de un fluido imponderado, de la que resultan nuevos productos, lo que demuestra que las moléculas se han agrupado de diverso modo.

56. **TEORIA ELECTRO-QUÍMICA.** La fuerza de combinacion con todas sus modificaciones, presenta cierta analogia con las fuerzas eléctricas, que algunos creen que son unas mismas. Cuando se combinan las dos electricidades de nombre contrario se desprende calor, que en muchos casos se hace luminoso. Los cuerpos de composicion complicada se descomponen por la influencia de dos electricidades de nombre contrario, y en estas acciones se nota muchas veces un desprendimiento de fluido, permaneciendo las moléculas unidas, en tanto que nuevas fuerzas no perturben su equilibrio.

57. Para esplicar estos fenómenos, supóngase que las moléculas están provistas de un fluido propio, del cual jamás se separarán: estas moléculas colocadas en una atmósfera de fluido neutro, le descomponen en parte para rodescarse de electricidad contraria á la que representan; de suerte, que la molécula positiva vendrá envuelta de fluido negativo, y la negativa de una atmósfera positiva. Cuando estas moléculas se aproximan para que se hallan dentro de la esfera atractiva de las atmósferas, se neutralizan los fluidos que envuelvan las moléculas, y esta union produce calor que algunas veces se presenta luminoso. La reac-

cion es mas ó menos intensa segun que las atmósferas están muy estendidas ó son muy densas, y si no se hallan en cantidad suficiente para su completa neutralizacion, se destruirá una de ellas, formando la restante el fluido que rodeará á la nueva molécula.

58. Durante las descomposiciones las moléculas del cuerpo en cada reóforo se disponen de modo que la positiva, bien sea simple ó compuesta, es atraída por el reóforo negativo, y la negativa por el reóforo positivo. La molécula adquiere del reóforo la atmósfera de nombre contrario, y como este nuevo fluido es de igual naturaleza al que ella contiene, hay repulsion, de donde proviene la separacion de las moléculas. Sucede muchas veces que una molécula es positiva ó negativa; esta circunstancia que parece una anomalia, resulta de la cantidad de materia que la constituye.

59. Segun esto, todo compuesto espuesto á la influencia de estas dos fuentes de electricidad de nombre contrario se descompone; si el producto de la primera descomposicion está formado de dos elementos, se reduce segunda vez por la accion eléctrica, hasta obtener los factores que le constituirian; esto forma la base de la Teoría *electro química* ó *dualística*.

60. ANALISIS Y SINTESIS. Los cuerpos compuestos se reducen á sus elementos por una operacion que se llama *descomposicion* ó *análisis*. El análisis químico es una serie de operaciones, por cuyo medio separamos y aislamos los diferentes principios de que consta un cuerpo. Las sustancias que se emplean para aislar los elementos se llaman *agentes*, y si se separan formando nuevas combinaciones, cuyas propiedades nos revelan las materias que constituian el compuesto, se denominan *reactivos*. El análisis puede ser *cualitativo* cuando solo se busca la naturaleza de un compuesto, ó los principios de que consta; y *cuantitativo* así que se descende á determinar las cantidades ponderables de los elementos que le forman. En el primer caso bastan los reactivos, y en el segundo se necesitan los agentes y los reactivos.

61. La *sintesis* es una operacion por medio de la que reunimos los elementos de un compuesto separados por el análisis, para volverlo á formar: en muchos casos esta recomposicion se verifica por el intermedio de un fluido imponderado.

LECCION V.

*Proporciones múltiples y equivalentes.--Teoría atomística.--Isomería.
Alotropía.*

62. Los números proporcionales ó equivalentes químicos, son aquellas cantidades ponderables que marcan las relaciones que guardan entre sí los principios constitutivos de los cuerpos. El análisis elemental ha demostrado, que las combinaciones entre los cuerpos simples tienen una relación sencilla, donde una cantidad dada de radical se une con varias del principio electo-negativo, las que guardan una progresión ascendente; así se ve que,

- 175 de nitrógeno + 100 de oxígeno = protóxido de nitrógeno
 175 nitrógeno + 200 de oxígeno = bi-óxido de nitrógeno.
 175 nitrógeno + 300 de oxígeno = ácido nitroso.
 175 nitrógeno + 400 de oxígeno = ácido hiponítrico.
 175 nitrógeno + 500 de oxígeno = ácido nítrico.

Esto demuestra, que una cantidad en peso de nitrógeno se combina con el oxígeno en cinco proporciones distintas, para formar los cinco compuestos que se conocen de dicho radical, donde la relación del elemento negativo es la de 1 : 2 : 3 : 4 : 5. Representando por 100 el equivalente de oxígeno, el de nitrógeno será 175, lo que es igual á 2 átomos ó $N^2=N$ que indica un equivalente. Del mismo modo se demuestra en otro cuerpo cualquiera; el ácido hypo-cloroso que es la combinación mas sencilla de cloro y oxígeno de carácter ácido, consta de 100 de cloro y 22,56 de oxígeno, ó mejor de 81,59 de cloro y 18,41 de oxígeno; el valor del equivalente de cloro, ó la cantidad de cloro que necesitan 100 de oxígeno para la primera combinación ácida, se conocerá por la siguiente proporción: 18,41 : 81,59 ::

$$100 : x = \frac{81,59 \times 100}{18,41} = 443,2 \text{ que es el equivalente del cloro.}$$

63. Si las letras iniciales manifiestan los equivalentes de los cuerpos simples, según las reglas espuestas (33 y 34,) tendremos

para las combinaciones de oxígeno y de nitrógeno, y las del oxígeno y el cloro, las fórmulas siguientes:

O N... protóxido de nitrógeno.	O C... ácido hypo-cloroso.
O ² N... bi-óxido de nitrógeno.	O ³ C... ácido cloroso.
O ³ N... ácido nitroso.	O ⁴ C... ácido hypo-clórico.
O ⁴ N... ácido-hypo nítrico.	O ⁵ C... ácido clórico.
O ⁵ N... ácido nítrico.	O ⁷ C... ácido per-clórico.

Esta ley que preside y sirve de norma á las combinaciones definidas, lleva el nombre de *ley de las proporciones múltiples*.

64. Se llaman *equivalentes químicos* á las cantidades ponderantes de los cuerpos simples que pueden reemplazarse en las combinaciones de un mismo orden. Estas cantidades varían para cada cuerpo, y guardan una relacion constante; así, examinando las combinaciones de la plata, el mercurio y el hierro al minimun con el oxígeno, el cloro, el bromo, el iodo y el azufre, se verá provado lo espuesto.

100 de plata con	7,40 oxígeno	forman el protóxido.
100	32,75 cloro	el protoclorido.
100	74,06 bromo	el protobrómid.
100	417,51 iodo	el protoiódido.
100	14,81 azufre	el protosulfido.
100 de mercurio	7,99 oxígeno	el protóxido.
100	35,42 cloro	el protoclorido.
100	77,88 bromo	el protobrómid.
100	126,74 iodo	el protoiódido.
100	15,04 azufre	el protosulfido.
100 de hierro	28,53 oxígeno	el protóxido.
100	126,47 cloro	el protoclorido.
100	285,18 bromo	el protobrómid.
100	441,89 iodo	el protoiódido.
100	57,28 azufre	el protosulfido.

Esta tabla demuestra, que 100 de plata necesitan 7,40 de oxígeno para el protóxido y 14,81 de azufre para sulfido; de suerte que estas dos cantidades se reemplazan mutuamente.

65. Los químicos y con especialidad los franceses, comparan los equivalentes con el oxígeno, que suponen igual á 100: en este

caso con los tres datos conocidos se establecen las proporciones, cuyo cuarto término dá el equivalente que se busca: empleando las cantidades de la tabla anterior, tendremos;

7,40 : 100 :: 100 : $x = 1350,0$ número proporcional de la plata.
 7,99 : 100 :: 100 : $x = 1252,26$ núm. proporcional del mercurio.
 28,55 : 100 :: 100 : $x = 350,51$ núm. proporcional del hierro.

Las pequeñas diferencias que se notan entre estas cantidades y las verdaderas, resultan de haber despreciado alguna fraccion decimal.

Toda vez que se conozcan las cantidades de los cuerpos elementales que mutuamente se reemplacen, y el equivalente de uno de ellos, se puede saber el equivalente del otro por medio de una proporcion: 14,81 de azufre equivalen en los compuestos argénticos, á 32,75 de cloro, para saber al equivalente del azufre, supuesto que el del cloro es 443,28, se tendrá; 32,75 : 14,81.

:: 443,28 : $x = \frac{14,81 \times 443,28}{32,75} = 200,45$ eq. del azufre.

El número proporcional no es otra cosa que la cantidad de materia, que combinándose con 100 de oxígeno da la primera combinacion. La suma de los números proporcionales de los cuerpos simples que se combinan, dá el número proporcional del compuesto; así 173 de nitrógeno y 500 de oxígeno dan 675 de ácido nítrico anidro; 200,46 de azufre, 300 de oxígeno y 112,50 de agua, producen 612,66 de ácido sulfúrico monohídrico.

Las fórmulas de los equivalentes son iguales á las de los átomos, no olvidando que muchas veces dos átomos componen un equivalente: el agua representada por átomos es O, H_2 y por equivalentes $O H$. Nosotros en estas nociones formularemos por equivalentes.

66. *Teoría de los átomos.* Hemos dicho que el átomo es la parte indivisible de un cuerpo que no puede separarse. La idea de los átomos nos demuestra, que en los cuerpos no existe penetracion íntima de la materia; sino que su formacion depende de la justa-posicion de los átomos, los que están unidos por la fuerza de cohesion cuando son homogéneos, y por la de combinacion siempre que son heterogéneos. Si la union de dos ó mas átomos dan origen á una molécula, la fuerza que los une es mayor que la repulsion que tiende á separarlos, y mayor

tambien, que las fuerzas mecánicas que pueden emplearse para la proyectada separacion; de suerte, que un cuerpo compuesto sólido ó líquido podrá mecánicamente dividirse á polvo para obtener cantidades de pequeño volúmen; pero jamás se descompondrá. Sin embargo, en algunos casos la *fuerza catalytica* verifica una reaccion por el simple contacto.

67. Los átomos de los cuerpos elementales se combinan en cantidades fijas é invariables, las que siempre son las mismas cualquiera que sea el sistema empleado para obtener un compuesto. Así, un átomo de un cuerpo A se combina con otro de B, 2A con uno de B, 3A con uno de B y vice-versa, ó 2A con 3B; de manera que uno de los elementos es un múltiplo ó un sub-múltiplo por un número entero, y rara vez por fraccionario, del otro elemento.

68. Varios fenómenos físicos inducen á creer, que los cuerpos gaseosos en igualdad de circunstancias están formados] de átomos colocados á la misma distancia; de modo que bajo el mismo volúmen, temperatura y presión constan del mismo número de átomos. De este principio se deduce, que el peso de los átomos es proporcional á las densidades.

69. El peso relativo de los átomos se compara al del gas oxígeno suponiendo que un átomo pesa 1, 10 ó 100; esta última cantidad es la que se admite generalmente. M. Prout ha propuesto nuevamente comparar el peso de los átomos de los cuerpos simples al gas hidrógeno, que toma por la unidad. El peso de este átomo se deduce de la descomposicion del agua, suponiendo que consta de un átomo de oxígeno y otro de hidrógeno. Los señores Dumas y Kopp se han ocupado de las relaciones que existen entre el peso atomístico de los metales y su peso específico, y han deducido, que cuando se conocen los pesos de dos cuerpos simples que tengan un mismo volúmen, y el peso de sus partículas, el número de sus átomos se puede comparar entre sí por volúmenes iguales de materia.

70. Para buscar el peso relativo de un átomo es necesario reducir el cuerpo al estado gaseoso, sin cuyo requisito no podría compararse con el oxígeno. Por lo tanto la aplicacion de la ley que dimos respeto á los gases, queda reducida á un corto número de casos, y el peso del átomo debe buscarse por analogia, deduciéndole de una combinacion bien conocida.

Siendo el peso de los átomos de los cuerpos gaseosos, tomados en circunstancias iguales, proporcional á las densidades,

claro está que conociendo el peso del oxígeno=100, se tienen los tres términos de una proporción, de la que el cuarto será la incógnita. Sea el hidrógeno del cual se desea saber el peso del

$$\text{átomo, y tendremos; } 1,1052 : 0,0688 :: 100 : x = \frac{0,0688 \times 100}{1,1052} \\ = 6,25.$$

71. Toda vez que se conozca la densidad del vapor de un cuerpo compuesto, y las cantidades de sus elementos, nada más fácil que calcular el peso de uno de sus átomos simples. Se sabe por experiencia que la densidad del hidrógeno arseniado es de 2,695 y que consta de un volumen y medio de hidrógeno y medio de vapor de arsénico; luego para saber el peso del átomo de arsénico, se multiplicará aquella densidad por dos, ó $2,695 \times 2 = 5,3900$, y de este producto se rebajará el peso del gas hidrógeno del compuesto, ó $0,0688 \times 3 = 0,2064$; la diferencia 5,1936 será la densidad del vapor de arsénico. Ahora bien, estableciendo una proporción con estas tres cantidades conocidas, se sabrá el valor de la cuarta, que es el peso del átomo de arsénico, y tendremos; $1,1052 : 5,1936 :: 100 : x = \frac{5,1936 \times 100}{1,1052} \\ = 469,924.$

72. Para aquellos cuerpos que no es posible reducirlos al estado de vapor, ó bien porque se prefiera indagar por la experiencia las cantidades de oxígeno y radical que dan un compuesto definido, el peso de el átomo se busca formando una proporción con los pesos de oxígeno y radical que dá la observación, y él que se supone al átomo de oxígeno, lo cual presenta las tres cantidades conocidas; sabemos que 0,2486 de oxígeno y 1,0102 de zinc producen 1,2584 de óxido de zinc, luego el peso de un átomo será, $0,2486 : 1,0102 : 100 : x = \frac{1,0102 \times 100}{0,2486} \\ = 406,5.$

Los químicos suelen practicar varias operaciones analíticas, y luego toman el término medio. En este caso se obtienen las cantidades de oxígeno y radical que se combinan para formar el primer compuesto, lo que equivale á buscar las cantidades que se corresponden.

73. En la química orgánica importa conocer el número de átomos que contiene una combinación, para marcar el signo que corresponde al átomo compuesto. Para ello se indaga por el análisis las cantidades de los cuerpos elementales que la for-

man, y estableciendo una proporcion, se busca el número que indica el átomo de dicha sustancia: toda vez que se haya conocido este número y los factores de que consta, se divide cada factor por el peso de su átomo, y el cociente dará el número de átomos que contiene el cuerpo orgánico. El número proporcional del ácido acético es 640,60, y resulta de 304,18 de carbono; 38,24 de hidrógeno y 298,18 de oxígeno; ahora bien, dividiendo

$\frac{304,18}{75,12}$ tendremos 4,05 de carbono; $\frac{38,24}{6,25}$ dará por cociente

6,12 de hidrógeno y $\frac{298,18}{100}$ obtenemos 2,90 de oxígeno. Es-

tos distintos cocientes nos manifiestan que el ácido acético contiene 4 átomos de carbono, 6 de hidrógeno y 3 de oxígeno, lo que da la fórmula $\text{O}_3\text{C}_4\text{H}_6$.

74. Los Sres. Dulong y Petit han manifestado, que la cantidad que dá á conocer el calor específico de un cuerpo, representa el efecto termométrico que este cuerpo enfriándose de un grado producirá sobre una masa igual de agua. De ahí han deducido, que la misma cantidad de calor elevará de un grado la temperatura del peso de los átomos de todos los cuerpos simples: principio á la verdad modificado por Mr. Regnault con datos mas exactos. Sin embargo, aquellos físicos tomando el agua y el cuerpo por la unidad, aprecian el efecto termométrico producido en un átomo, multiplicando el peso de este átomo por su calor específico; así, 1227,80 peso del átomo del oro $\times 0,0324$ que es su calor específico = 39,65 unidades de calor: 1994,545 peso del átomo del plomo $\times 0,0315$ que su calor específico = 39,65 unidades de calor.

75. ISOMERIA. Los átomos se llaman *isoméricos* cuando se hallan constituyendo dos ó mas cuerpos, formados de los mismos principios elementales y en iguales proporciones; pero con diferentes propiedades; así se observa, que el bermellon que usan los pintores, tiene propiedades distintas de las que son peculiares al cinabrio, apesar de que ambos constan de unos mismos elementos combinados en iguales proporciones. La ley en virtud de la que tienen lugar estos fenómenos, se llama *isometría*.

En algunos cuerpos compuestos se conocen varios estados isoméricos, y el número de estos es igual á las combinaciones que se obtienen por diversos procedimientos, siempre que constan del mismo número de átomos y de los mismos elementos

que un arreglo particular ha dado á cada uno propiedades particulares.

76. Se llaman *átomos poliméricos* á las combinaciones formadas de los mismos elementos, donde las cantidades respectivas de materia guardan una progresion ascendente: representando por A y B dos cuerpos elementales, si ellos son capaces de formar otros compuestos de $A+2B$, de $2A+4B$, de $3A+6B$, etc. el peso atómico de una combinacion será 1, 2, 3 veces mayor que el que corresponde á la mas sencilla: este órden progresivo en el número de átomos que se combinan, constituye la *polimería* ó los átomos poliméricos. Estos átomos pueden considerarse como una modificacion del isomerismo,

77. **ALOTROPIA.** Cuando los cuerpos elementales por circunstancias que aun no han podido apreciarse, presentan formas diferentes, ó se reconoce alguna variacion en su exterior, se dice que se hallan en un estado *alotrópico*; tal se observa con el carbono que puede considerarse como diamante, como resto de sustancias, orgánicas, como negro de imprenta, etc. La alotropía proviene de un estado isomérico.

De los cuerpos metaloides y sus principales combinaciones.

LECCION VI.

Oxígeno.--Combustion.--Llama.--Respiracion.
OXÍGENO.--Oxygénium, O. Equivalente 100.

78. *Historia.* Fué descubierto por Priestley en 1774, y por Schéele: se le llamó *aire flogisticado*, *aire empyreal*, *aire virgen* ó *eminentemente respirable*, y Lavoisier le obtuvo por un procedimiento diferente dándole el nombre de *oxígeno*; voz de origen griego y significa *engendrador de ácidos*.

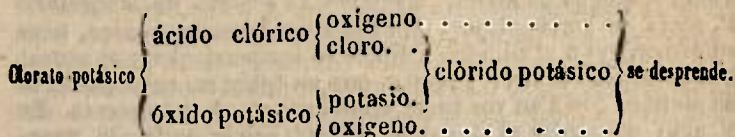
79. *Propiedades.* El oxígeno es un gas permanente, sin color, olor ni sabor, su densidad segun Dulong y Berzelius es de

f,1026 y de f,1052 segun Wrede: el poder refringente absoluto es de 0,000360204, y comparado con el aire de 0,86161 : 100; su calor específico comparado con un igual peso de agua á la temperatura de 0° y á 0,76 de presion, es de 0,242. El peso de su átomo=100, y su equivalente=100: su signo se representa por O.

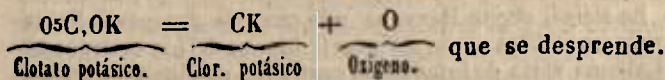
Los fluidos imponderados no lo alteran, una grande presion unida al enfriamiento tampoco le hacen cambiar de estado, activa la combustion é inflama los cuerpos combustibles cuando presentan puntos en ignicion. Sujeto á una fuerte y rápida presion con el eslabon fisico, desprende solamente calor; el agua á la temperatura y presion ordinaria disuelve 0,046 de su volumen. Es el cuerpo mas electro negativo, combinado con los simples metaloides que le siguen da ácidos por excelencia, y algunos óxidos que carecen de virtudes basicas: con los metales da óxidos, los que cuando tienen un equivalente de oxígeno son electro-positivos ó basicos.

80. *Estado y preparacion.* Es muy abundante en la naturaleza, forma la quinta parte de la atmósfera; es uno de los elementos del agua, se encuentra en los cuerpos organicos y en casi todos los inorgánicos, pero jamás se halla puro.

Para prepararlo se descompone el clorato potásico por el calor, verificando la descomposicion en una retortita de vidrio y al calor de una lámpara de alcohol. En este caso se tiene;



Esta reaccion se representa por:



He preparado el oxígeno descomponiendo el bi-óxido de mercurio por el calor, el cloruro de cal del comercio; por el bicromato de potasa y el ácido sulfúrico y el calor, por el peróxido de manganeso, el ácido sulfúrico y el mismo fluido, yaun se puede conseguir por otras varias reacciones.

81. *Combustion y llama.* El oxígeno fué considerado como el

único cuerpo comburente, y se llamó combustion á la fijacion del oxígeno: los demás cuerpos se designaban con el nombre de *combustibles*. En el dia la combustion, es toda combinacion de dos ó mas cuerpos con desprendimiento de calor, luz y en algunos casos electricidad; el cuerpo mas electro negativo es el comburente. Segun esto el cloro, bromo, iodo y azufre pueden ser comburentes.

La combustion es rápida y lenta: en la primera se desprende calor y luz, y en la segunda el calor es casi insensible. Si se sumerge en un frasco lleno de oxígeno un espiral de alambre de hierro, en cuyo extremo tenga una yesca encendida, se obtiene la combustion rápida, y cuando el hierro se oxida por el contacto del aire húmedo la combustion es lenta. En toda combustion se distingue el cuerpo que quema, que es el electro negativo ó *comburente*, y el cuerpo quemado, que es el electro positivo ó *combustible*. El calor desprendido depende de cuatro causas; 1.ª de la capacidad calorífica de los cuerpos antes y despues de la combustion; 2.ª del cambio de estado; 3.ª de la absorcion entre los volúmenes de las sustancias que reaccionan; y 4.ª de la neutralizacion de las dos electricidades.

82. La combustion es mas activa si se dirige en medio de la llama una corriente de aire, en cuyo caso el fenómeno se circunscribe á menor espacio, y la temperatura se eleva rápidamente. Esto ha dado origen al *soplete* fig. 1. A es un tubo encorvado, donde el que opera sopla por *a* y el aire sale por el extremo *b*, que es de menor diámetro. El soplete de laboratorio B, costa de varias piezas: un tubo *x* ligeramente cónico, tiene en el extremo *n* el cilindro *z* donde se condensa el vapor acuoso que acompaña el aire, y remata por un tubo *m*, cuya punta es de platino, que á su vez suele estar formado de tres piezas. En el acto de soplar el aire debe entrar por la nariz sin penetrar en el estómago, lo que se consigue con alguna práctica.

83. La llama, segun Davy, es una materia gaseosa inflamada, cuya temperatura es mayor que la blanca de los cuerpos sólidos. La llama varia de intensidad segun los productos que produce la combustion: los gaseosos cuando están muy dilatados dan la llama poco visible, como la del azufre, hidrógeno, etc. los gases muy densos, ó si chocan sobre un cuerpo sólido, la dan brillante, y la intensidad aumenta con la blancura de la sustancia; como la llama del hidrógeno reflejada por la alúmina, ó la que produce la combustion del fósforo, el zinc, etc. La llama

consta de cuatro partes: en la base, fig. 2.^a, se vé una capa azulada *a*, en el centro un cono oscuro *b* producido por los vapores que se desprenden de la mecha, la que se halla rodeada de otro brillante *c*, y este á su vez concluye por una capa luminosa *e* que envuelve la llama.

El estudio de las mezclas detonantes que se desprenden en las minas de carbon de piedra, unido con el de la llama, condujo al célebre Davy á descubrir la *lámpara de seguridad* que lleva su nombre: aparato sencillo que ha salvado la existencia á millares de mineros, fig. 3.^a

84. *Respiracion.* Lavoisier y Laplace creyeron que la sangre en los capilares del pulmon, se ponía en contacto del aire atmosférico, que obraudo sobre el carbono y el hidrógeno, cambiaba de aspecto, y el oxígeno pasaba al estado de ácido carbónico y agua. Esta teoría fué modificada y aun negada por diferentes químicos, porque era incompleta.

Las paredes de las vesículas aéreas del aparato pulmonar, eliminan del aire que contienen el gas oxígeno, que reemplaza átomo por átomo al ácido carbónico de la sangre venosa que condujo la arteria pulmonar. Esta sangre con el oxígeno mezclado con ella, entra en el torrente circulatorio arterioso, y en las anastómoses, y sobre todo, durante la nutrición y secreciones tiene lugar una reaccion bajo la influencia estimulante de dicho gas, el que vá convirtiéndose en ácido carbónico á espensas de una parte del carbono que roba á los elementos de la sangre arterial, cuyo ácido se une con la sosa que contiene para formar carbonato sódico. La sangre cargada de este carbonato y despues de haber recorrido el sistema venoso, penetra en la subclavia izquierda por el canal coledoco, donde recibe los materiales preparados por la digestion, en los cuales hay ácido lactico y lactato de sosa. Apenas se hallan en contacto estos diversos materiales, cuando tiene lugar una recíproca descomposicion que dá por resultado lactato de sosa y ácido carbónico libre: este ácido es el que reemplaza el oxígeno eliminado por las vesículas aéreas, cuando la sangre venosa es conducida al pulmon desde la aurícula derecha del corazon por medio de la arteria pulmonal; de suerte que el pulmon viene á ser un aparato eliminador.

LECCION VII.

*Hidrógeno.--Carbono. (1)*HIDROGENO, *Hydrogenium*, *H. Equivalente 12,50.*

85. *Historia.* Fué conocido en tiempo de Luis XIV por Polinier, y presentado por Cavendish en 1766: se llamó *air inflammable*, y luego *hidrógeno*; voz de origen griego que significa *yo engendro agua*.

86. *Propiedades.* Es un gas permanente, sin color, olor, ni sabor, apaga à los cuerpos en combustion, se inflama en contacto del aire y de la llama de una bujia, de la chispa eléctrica ó de la esponja de platino: su densidad es de 0,0688, su poder refringente como 6,6143 : 1,0000; su calor específico como 14,535 : 1,000, y comparado à un peso igual de agua como 3,88 : 1,00. Su símbolo H, su equivalente = 12,50, y su átomo = 6,25.

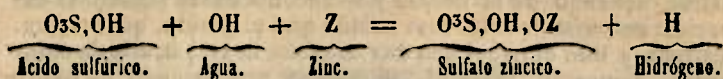
El agua à la temperatura y presión ordinaria disuelve solamente un centésimo de su volumen, y es el cuerpo mas electropositivo de todos los metaloides. Con el fluor, el cloro, el bromo, el iodo, el azufre, el selenio y el telurio, forma combinaciones ácidas, en las que el hidrógeno es radical. Con el oxígeno da el agua $O H$, y el bi-óxido de hidrógeno O^2H ; con el fósforo y el carbono compuestos binarios, y con el nitrógeno el amoníaco N, H_3 .

87. *Preparacion y usos.* El hidrógeno se prepara generalmente, descomponiendo el agua por el ácido sulfúrico y el zinc.

Agua.	{	hidrógeno. que se desprende.	{	
		oxígeno.)		
Zinc. . zinc. . .	{	óxido de zinc	{	
				sulfato de zinc.
Acido sulf.* ácido sulfúrico.				

(1) Soy de opinion que en la exposicion debía seguirse la teoría electrolítica; sin embargo, no me separo del programa oficial.

Esta reaccion se representa por;



El hidrógeno es uno de los elementos del agua y de todas las sustancias orgánicas. Se emplea para los analisis, las ascensiones aerostaticas, para el soplete, neutralizar la accion del cloro en la astixia, destruir el bello en los tejidos de algodón, descomponer los óxidos y para el alumbrado.

CARBONO, *Carbonicum*, Ca. Equivalente 75,12.

88. *Historia.* El carbono se conoce desde la mas remota antigüedad: su nombre deriva de *carbo*. Presenta tres estados alotrópicos, que son el *diamante* Ca, α ; el *grafito* Ca, β ; y el *negro de humo* Ca, γ .

8. *Diamante.* Ca, α . Este cuerpo se conoce desde la mas remota antigüedad. En 1694 los académicos de Florencia probaron que el diamante ardia; hacia 1770 Macquer indicó que no se alteraba por la accion del calor, y Lavoisier, Morveau y Davy, fijaron su naturaleza demostrando ser carbon puro.

Es duro, trasparente, cristalizado en octaedros, cubos ó dodecaedros romboidales, su densidad en 3,50 y el calor específico de 0,14687. En el comercio se distingue el *brillante* y el *rosa*; este último no tiene culata. Su labor varia entre 8 y 48 facetas, y la de los diamantes tablas que vienen á ser dos pirámides truncadas unidas por sus bases. Algunos diamantes tienen un tinte rosáceo ó son mas ó menos morenos; esto disminuye su valor. Jacquelin por medio de una pila de Bunsen ha reblandecido el diamante, dejando una sustancia parecida al coque.

90. *Grafito.* Ca, β . Este cuerpo es un producto natural llamado *mina de plomo* ó *lapiz plomo*. Durante mucho tiempo se ha considerado como un compuesto de carbono y de hierro; pero en el dia se demuestra que solo consta de carbono, y el hierro existe en pequenísima cantidad. No tiene forma cristalina, sin embargo se dice, que se ha encontrado en pequeñas tablas exagonales. Tiene el color gris, mancha el papel y su testura es laminosa ó acerada con poca cohesion. Esta modificacion se consigue por medio del hierro colado sobre saturado de carbono, ó bien durante la calcinacion de la ulla para preparar el coque.

91. El carbon mineral pertenece á esta modificacion. Se estrae del seno de la tierra, y se reconocen las siguientes especies: *antracita* de color mas subido que el grafito, quebradiza, lustrosa y tiñe el papel con una mancha negra; la *ulla* de color negro, compacto, lustrosa, se inflama produciendo un humo muy denso de olor betuminoso: se divide en ulla seca, crasa y compacta. La *liñita* (de leña) ó *lignita* (etimologia latina) de testura fibrosa, color negro, brillante unas veces, otras opaca con testura compacta y esquistosa; arde sin aumentar de volúmen y no deja residuo de apariencia carbónica: se divide en compacta y piciforme. La *turba* de color moreno, ligera, opaca y esponjosa, conserva restos visibles de seres orgánicos.

El tratamiento de la ulla por el calor dá el *coque* ó carbon de carbon de piedra: tiene el aspecto carbonoso, esponjado y lustroso, ligero, quebradizo y vidrioso, arde sin llama, y durante la combustion se desenvuelve mayor calor que con otros carbonos en iguales circunstancias.

92. *Negro de humo*. Ca, y. Este producto se obtiene cuando se descomponen las sustancias orgánicas exentas de nitrógeno por el calor. El carbon comun se halla en esta modificacion. Tiene el color negro ó pardo oscuro, mal conductor del calorico y eléctrico, quebradizo, corte vidrioso, insoluble en los ácidos y en los álcalis y conserva la figura del vegetal de donde se estrajo: se obtiene por la calcinacion de la leña en montones, ó en vasos cerrados: en el primer caso, cuando la leña está bien encendida se tapa con tierra para evitar la influencia del aire. Este procedimiento altamente perjudicial, solo dá un 14 por ciento del carbon que contiene el vegetal.

Además se conoce el carbon de esquisto, el negro de marfil, el carbon de hueso y el negro de humo.

El carbono se combina con el oxígeno y da el ácido carbónico O_2Ca , el carbonoso ú oxálico O_3Ca^2, OH , el óxido de carbono OCa . Además se obtienen los ácidos mesoxálico, rodizónico, crocónico y melítico. Con el cloro forma el clorido carbónico C^3Ca , el sesqui-clorido carbónico ó sesqui-cloruro de carbono C^3Ca^2 , el clorido carbonoso $C Ca$ y el clorido bi-carbonoso ó cloruro carbonoso C, Ca^2 . Con el bromo y el iodo dá brómidos y iódidos poco estudiados; con el azufre dos sulfidos, con el fósforo un fósforo, con el selenio un selénido y con el nitrógeno un nitrogénido llamado *cianógeno* = Cy.

Sirve el carbono como anti-pútrido, decolorante, absorbente, para desenvolver el calor, etc. Unido con el hidrógeno dá

compuestos que se emplean en el alumbrado, con el hierro formado el acero, y es uno de los elementos de las sustancias orgánicas

LECCION VIII.

Carburo tetrahídrico.--Carburo dihidrico.

CARBURO TETRAHIDRICO, CaH^2 . Equivalente 100,12.

93. Las combinaciones del carbono con el hidrógeno, son bastante numerosas, y las mas pertenecen á la química orgánica. Solo nos ocuparemos de las tres principales, que pueden considerarse como los puntos de partida de las demás.

El *carburo tetrahídrico* ó hidrógeno proto-carbonado, toma origen durante la descomposicion de varios cuerpos orgánicos; este gas suele llamarse *gas de las lagunas*, y en el sistema de química orgánica de M. Gerhard se le designa con el nombre de *fosgeno normal*.

Propiedades. Es gaseoso, sin olor, color ni sabor, poco soluble en el agua, su densidad de 0,5590, su poder refringente comparado al del aire como 2,0927 : 1,000. Se inflama por la chispa eléctrica, ó acercándole la llama de una bugía, y mezclado con el aire ó con el oxígeno detona por la accion de la electricidad. Se desprende de las lagunas y pântanos, y donde quiera que haya sustancias orgánicas en descomposicion: tambien es frecuente en las minas de carbon de piedra, donde unido con el aire produce una mezcla detonante. Este fenómeno se evita cuando el minero usa de la lámpara de seguridad inventada por H. Davy.

94. *Composicion.* La composicion del carburo tetrahídrico, se deduce de las densidades de los elementos que le forman, ó por medio del eudiómetro.

2 volúmenes de hidrógeno, pesan. . .	0,1382
112 volúmen de carbono.	0,4145

Densidad del carburo tetrahídrico. . . 0,5527

Con estos datos nada mas fácil que conocer las cantidades de hidrógeno y carbono que componen 100 partes de carburo tetrahídrico.

$$\text{Si... } 0,5527 : 0,1382 :: 100 : x = \frac{0,1382 \times 100}{0,5529} = 25 \text{ de hidrógeno}$$

$$\text{Si... } 0,5526 : 0,4143 :: 100 : x = \frac{0,4143 \times 100}{0,5527} = 75 \text{ de carbono.}$$

De donde resulta, que $25 \text{ H} + 75 \text{ Ca} = 100$ de carburo tetrahídrico.

Cuando se opera con el eudiómetro se introducen 100 partes del gas carburado y 300 de oxígeno, y después de haber obrado la chispa eléctrica, se encuentra un residuo gaseoso de 200 partes: se separa de él el ácido carbónico con la potasa, y después quedan 100 partes de oxígeno puro. En la reacción se han absorbido 200 de oxígeno; las 100 partes de ácido carbónico constan de 50 de vapor de carbono y 100 de oxígeno, y las otras 100 amparándose de 200 de hidrógeno han formado agua; pero como este hidrógeno y vapor de carbono han sido suministrados por las 100 p. del carburo tetrahídrico, resulta que este gas consta en volumen, de 200 de hidrógeno y 50 de vapor de carbono.

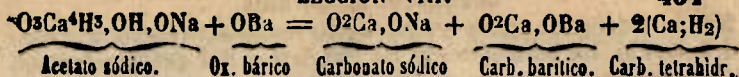
Recordando que los cuerpos gaseosos á la misma temperatura y presión están formados de átomos colocados á igual distancia, resulta que 50 de vapor de carbono representan un volumen ó un átomo, y 200 de hidrógeno cuatro volúmenes ó cuatro átomos, lo que dá Ca, H^2 ó bien

$$1 \text{ equivalente de carbono. } = 75,12$$

$$2 \text{ equivalentes de hidrógeno. } = 25,00$$

$$1 \text{ equivalente de carburo tetrahídrico } = 100,12$$

93. *Preparacion.* Este gas se puede recoger agitando el lodo de las aguas estancadas y cenagosas y recibiendo el gas en frascos invertidos llenos de agua, fig. 4. Como vá acompañado de ácido carbónico, oxígeno y nitrógeno, se purifica separando el primero de estos gases con la potasa, el segundo con el fósforo y el tercero por su cantidad insignificante no altera los resultados. En general la acción de los álcalis hidratados sobre el ácido acético produce el gas de las lagunas: descomponiendo el acetato sódico por el óxido de bario se consigue muy puro.



CARBURO DIHÍDRICO. CaH . *Equivalente* 87,37.

96. *Historia y propiedades.* Esté cuerpo fué descubierto por los químicos holandeses en 1796, y se le dió el nombre de *gas oleificante*: nombre que aun conserva en química orgánica.

El carburo dihidrico es gaseoso, sin color ni sabor, de olor empireumático, su densidad por el cálculo es de 0,6752: el poder refringente comparado con el aire :: 1,8186 : 1,000, y el calor específico de 1,531. Arde en contacto de una bujía y del aire, con una llama clara y brillante.

El calor y la electricidad le descomponen, aumenta otro tanto su volúmen y deposita una parte del carbon; el oxígeno y el aire por la influencia de la llama ó de una chispa eléctrica le descomponen tambien con esplosion, notándose una contraccion grande, por cuya razon se rompen los aparatos de vidrio donde tiene lugar la experiencia. El cloro se combina con él y produce un licor oleaginoso etéreo; pero arde en atmósfera de cloro, y dá ácido clórico y carbon; el bromo produce un compuesto fusible, el iodo una sustancia etérea, y con el azufre se descompone. El gas del alumbrado contiene el carburo dihidrico, y su llama es tanto mas brillante cuanto mayor es la proporcion de dicho gas.

97. *Composicion.* Su composicion se averigua por medio del eudiómetro, fig. 3, y siguiendo la marcha prescrita (95.) De ello resulta que,

Dos volúmenes de hidrógeno pesan. 0,1582

Un volúmen de vapor de carbono. 0,8290

Densidad del carburo dihidrico. 0,9672

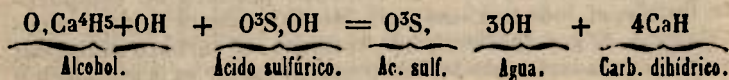
Cien partes constan de hidrógeno 14,29 y vapor de carbono 85,71. Introduciendo en el eudiómetro 100 partes de carburo dihidrico y 400 de oxígeno, y haciendo obrar la chispa eléctrica queda un residuo de 500 en volúmen. Absorbiendo el ácido carbónico con la potasa, queda un residuo de 100 p. de oxígeno; de suerte que 200 de ácido carbónico representan 100 de vapor de carbono y 200 de oxígeno, y otras 100 de oxígeno hanquemado

200 de hidrógeno para formar agua: luego este carbono é hidrógeno lo ha suministrado las 100 partes del gas sugeto á el análisis. De ahí resulta, que las 100 p. de carburo dihidrico contienen en volúmen,

200 hidrógeno
100 vapor de carbono;

Recordando la ley de los átomos de los cuerpos gaseosos, el carburo dihidrico tendrá 2 átomos de hidrógeno y 1 de carbono, ó lo que es igual á un equivalente de hidrógeno y otro de carbono, lo que da la fórmula CaH .

98. *Preparacion.* Este gas se prepara introduciendo en una retorta ó matraz, fig. 6, una parte en peso de alcohol y cuatro ó cinco de ácido sulfúrico concentrado, procurando que la capacidad del matraz sea triple del volúmen de la mezcla. Se adapta un tubo abductor que comunica con un frasco de Woulf que tiene una disolucion de potasa á fin de lavar el gas, el que es recibido en campanas en la cuba. El carburo dihidrico no se presenta sino cuando la mezcla llega al punto de ebullicion: la reaccion se indica del modo siguiente:



M. E. Davy dice haber encontrado otro carburo de hidrógeno, que Berzellus designa con el nombre de *carburo monohídrico*, y cuya composicion debe representarse por Ca^2H .

LECCION IX.

Fósforo. -- Fosfuros de hidrógeno.

POSFORO, *Phosphorus*, Ph. Equivalente 400,00.

99. *Historia.* El fósforo fué descubierto por Brandt alquimista de Hamburgo en 1669, y luego por Kunkel; pero su preparacion la dió á conocer Homberg en 1707. Boile le denominó *noctícula aérea*, y el nombre de fósforo aplicado indistintamente á todas

las sustancias luminosas, sirvió desde esta época para designar á este cuerpo.

La palabra fósforo es de origen griego y significa *porta luz*: Schéele y Ganh dieron á conocer un método para extraerle en grandes cantidades de los huesos calcinados.-

100. Propiedades. Es sólido, semitrasparente, sin color ó ligeramente amarillento, bastante blando y de 1,77 de densidad. Su calor específico es de 0,1877, funde á 44°,2, hierve á 200°, y antes de liquidarse se dilata; la dilatacion es de 3,14 : 100. A 103° comienza á evaporarse, y el vapor se inflama al contacto del aire; tambien se inflama si estando derretido se pone á la accion del mismo agente ó del oxígeno, por cuya razon se funde en un vehiculo: para destilarlo se emplea el aparato, fig. 7. La densidad de su vapor es de 4,35; ofrece varios estados alotrópicos; asíes, que enfriado con prontitud, adquiere un color negruzco y se vuelve quebradizo. La fosforecencia del fósforo es un hecho todavia dudoso; Berzelius la considera como un fenómeno luminoso, y Fischer como producto de una oxidacion.

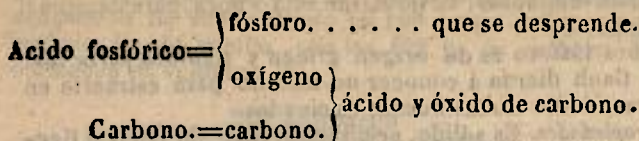
Espuesto el fósforo al contacto del aire esparce vapores blancos de ácido hypo-fosfórico; pero este fenómeno no tie-

ne lugar en el gas oxígeno puro. Combinado con $\frac{1}{600}$ de azu-

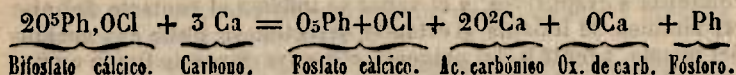
fre se vuelve quebradizo.

El fósforo se combina con el gas oxígeno en cinco proporciones: el ácido fosfórico O^5Ph , el hypo-fosfórico $O^{15}Ph^3$, el fosforoso O^3Ph , el hypo-fosforoso O^1Ph , y el óxido de fósforo O, Ph^2 : con el cloro da un clórico fosfórico C^5Ph , el clórico fosforoso C^3Ph , y un cloruro fosforoso C^2Ph : con el bromo forma un brómico fosfórico B^5Ph y el brómico fosforoso B^3Ph : con el iodo varios iódidos, con el azufre diferentes sulfidos inflamables, y con el selenio selénidos bien caracterizados. Combinado con algunos metales constituye los fósfidós.

101. Estado natural y estraccion. El fósforo forma al estado de fosfato de cal básico la mayor parte del tejido huesoso de los animales; tambien se halla en la masa encefálica: combinado con el plomo, la cal, el hierro, el cobre, etc. constituyendo fosfatos de estas especies, es bastante frecuente en el reino inorgánico. Generalmente se prepara descomponiendo por un'calor elevado el ácido fosfórico ó el bifosfato cálcico por el carbon.



Cuando se emplea el bifosfato cálcico la reaccion se presenta por;



102. Sirve para el análisis del aire, para obtener de este fluido el nitrógeno, fabricar cerillos y cartones fosfóricos, etc. La medicina lo usa en fricciones en la parálisis, disolviéndolo en algun aceite escencial, y al interior á la dosis de $\frac{1}{16}$ de grano á lo mas.

COMBINACIONES DEL FÓSFORO CON EL HIDRÓGENO.

103. El fósforo y el hidrógeno no se combinan directamente: por medio de reacciones químicas se pueden obtener; 1.º un fosfuro hidrogenado; 2.º otro fosfuro liquido que contiene mayor cantidad de fósforo; y 3.º un compuesto sólido mas rico en fósforo que este último.

Fosfuro hidrogenado Ph, H³. Equivalente 418,75,

104. *Historia y propiedades.* Este cuerpo fué descubierto por Gegembre en 1787, calentando el fósforo en una disolucion de potasa.

Es gaseoso, sin color, de olor fétido y peculiar, sabor amargo, de 1,185 de densidad relativa. El calor y la electricidad lo descomponen, el agua disuelve en el estado habitual de $\frac{1}{40}$

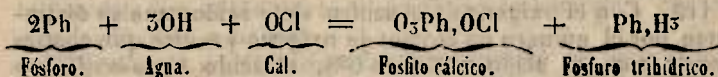
á $\frac{1}{50}$ avo de su volúmen, se inflama espontáneamente en contacto del aire y deja una corona formada por el humo, que se dilata y ensancha á medida que se eleva. La burbuja que al contacto de la atmósfera no se inflama, deja aperebir el olor

fétido que le caracteriza. En el oxígeno arde espontáneamente; algunas veces falta esta combustion; pero un pequeño movimiento la hace aparecer. Se conserva algun tiempo en el agua y en el mercurio, dejando depositar un cuerpo de color moreno, y parece que entonces pierde la propiedad de inflamarse. Algunas sustancias como el ácido clorídrico le hacen perder esta virtud.

105. Dumas y Davy aseguraban que habia dos compuestos gaseosos de hidrógeno y fósforo de diferente composicion; pero M. P. Thenard ha desvanecido este error, y Berzélius los considera como dos estados alotrópicos. A este gas se deben los *fuegos fátnos* que se desprenden en los cementerios y sitios donde se han enterrado sustancias animales.

106. *Preparacion.* Entre los varios procedimientos, el mas sencillo consiste en introducir en una redomita, fig. 8, una lechada de cal y algunos pedacitos de fósforo, ayudando la accion química con un calor moderado hasta que llegue à hervir.

Esta reaccion se representa por;



Fosfuros de hidrógeno liquido y sólido.

107. El fosfuro de hidrógeno liquido es un cuerpo que se descompone con facilidad, de modo que la luz basta para alterarlo.

El fosfuro sólido tiene el color amarillo anaranjado, y segun Leverrier se prepara descomponiendo el fosfuro trihidrico por una mezcla de cloro y ácido carbónico.

LECCION X.

Azufre.--Iodo.--Bromo.

AZUFRE, sulphur, S. Equivalente 200, 75.

108. *Historia.* El azufre se conoce desde la mas remota antigüedad: antes del siglo XVII se llamaba indistintamente *azufre*

á todas las sustancias inflamables, pero Becker y Sibál rectificaron estas ideas, designando como azufre el cuerpo que hoy se le considera como tal.

109. *Propiedades.* Es sólido, de color amarillo limon, sin olor ni sabor, quebradizo y deslizable, de corte brillante, de 1,99 de densidad, y 2,087 cuando está cristalizado: el frote desenvuelve en él un olor característico. Funde á 111° , se inflama á 150° y á 250° se pone espeso y de color oscuro; hierve á 460° , y si cuando está viscoso se vierte en una abundante cantidad de agua fria se pone elástico, cuya propiedad pierde pasadas doce ó quince horas. Segun M. Selmi, el azufre separado del sulfido de cobre por el agua regia, es blando y de color cetrino.

El azufre cristaliza por fusion en prismas oblicuos á base romba, y en octaedros á base romboidal cuando provienen del azufre disuelto, por cuya razon se llama dimorfo. Además el azufre adquiere un color bruno bajo la influencia del calor, y los cristales que presenta son prismáticos. Segun esto, el azufre tiene tres estados alotrópicos que se designan por azufre *alfa*, azufre *beta*, y azufre *gamma*.

110. Con el oxígeno da el azufre siete ácidos que se distinguen por el número de átomos de oxígeno y azufre que contienen; y son, el ácido sulfúrico O^5S , el ácido hypo-sulfúrico O^5S^2 , el ácido sulfuroso O^2S , el ácido hypo-sulfuroso OS , el ácido hypo-sulfúrico mono-sulfurado O^5S^2+S , el ácido hypo-sulfúrico bi-sulfurado $O^5S^2+S^2$ y el ácido hypo-sulfúrico tri-sulfurado $O^5S^2+S^3$.

El cloro dá cinco compuestos, de los que tres se obtienen aislados; con el bromo un brómido, y con el iodo dos iódidos. Se combina con los metales y los vuelve quebradizos: el cobre, la plata y otros arden en su atmósfera.

111. *Estado y preparacion.* Se halla en la naturaleza al estado nativo perfectamente cristalizado en octaedros, existe en los terrenos volcánicos y en los sedimentarios, forma parte de varios minerales y se le encuentra disuelto en las aguas al estado de ácido.

Se estrae purificándolo de las sustancias extrañas que le acompañan, ya por sublimacion, por destilacion ó por fusion. Los aparatos son diferentes segun las localidades; el aparato de M. Michel de Marsella es el mayor. Tambien se obtiene de las pirritas de hierro.

112. *Usos.* El azufre se emplea para fabricar pajuelas, es el radical de los ácidos indicados, hace parte del bermellon, de la

pólvora y de todas las composiciones pirotécnicas. La medicina lo usa para todas las enfermedades cutáneas, y al interior como estimulante ó escitante según la dosis.

iodo, *iodum*, I. Equivalente 1585,992.

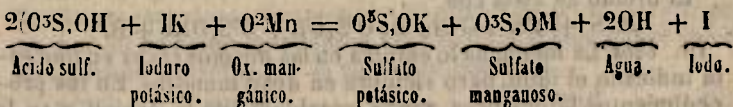
413. *Historia y propiedades.* Descubierto por M. Courtois en 1811, y estudiado por Gay-Lussac y Davy, quienes le dieron el nombre de *iodo*, voz de origen griego que significa *violado*.

Es sólido, tiene el color gris metálico, es quebradizo, de olor fuerte y sabor acre que recuerda el del cloro. Su densidad es de 4,947, el calor específico de 0,087, funde á 107°, se volatiliza á 175° y empieza á hervir á 180: la densidad de su vapor es de 8,716. Mancha la piel, es poco soluble en agua y muy soluble en el alcohol, y se presenta cristalizado en laminitas brillantes ó en octaedros. El iodo que circula por el comercio suele estar impuro.

Se combina con el oxígeno en diferentes proporciones y dá el ácido hepta iódico O⁷I, el ácido iódico O⁵I y el ácido hypoiódico O⁴I. Con el hidrógeno el ácido iodidrogénico, y con los metales iódidos metálicos.

414. *Estado y preparacion.* En la naturaleza se halla el iodo combinado, haciendo parte de varias plantas marinas, como los fucus, algas y salgazos: existe el ioduro de plata en Albaradan cerca de Zacatecas, y según M. Dulfos en la ulla de Commentres y de Silesia.

Se prepara tratando las aguas madres de la sosa de varecks, después de haberlas concentrado, por el ácido sulfúrico, y un poco de óxido mangánico: la reacción se presenta por;



415. *Usos.* El iodo se usa como reactivo, para preparar algunos iódidos de inmediata aplicación á las artes, para los procedimientos fotogénicos, descubrir el almidón con el que forma compuestos de color violado, y en la medicina para combatir los estados escrofulosos, etc.

BROMO, *bromun*, B. Equivalente 999,62,

416. *Historia y propiedades.* Fué descubierto y estudiado por

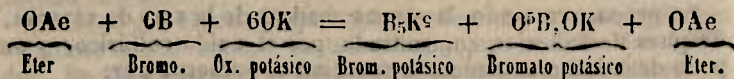
M. Balard en 1826, quien le dió el nombre de *murido*, y luego el de *bromo*; voz de origen griego y significa mal olor.

Este cuerpo es liquido, de color rojo oscuro, mirado en masa y rojo claro en cortas cantidades; tiene el olor y sabor fuerte y desagradable, que recuerda el cloro: su densidad es de 2,966, su calor específico 0,153, y se solidifica á -23° , el cloro lo reduce á vapor, notándose que á la temperatura ordinaria y aumentando la presion con una capa de ácido sulfúrico se reduce á gas no permanente. Hierve á 47° y segun M. Pierre este punto se halla á 65° : es mal conductor de la electricidad, algo soluble en el agua y muy soluble en el alcohol y en el éter; ataca la epidérmis y todas las sustancias orgánicas, y es altamente venenoso.

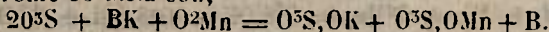
Se combina con el oxígeno y da el ácido brómico O_5B , y el hypo bromoso O^2B ; con el hidrógeno el ácido bromidrogénico y con los metales brómidos metálicos. Con el agua forma un hidrato sólido susceptible de cristalizar.

117. *Estado natural*. El bromo se halla en las aguas del mar al estado de brómido de magnesio, se ha encontrado en las aguas del mar muerto, en las minas de S. Onofre en Méjico y en Sta. Cecilia en Hiendelaencina.

118. *Preparacion*. Se prepara aislandole de las aguas madres de las salinas de agua mar, por medio del cloro y del éter. óxido de etilo, tratando la disolucion etérea por la potasa, y el brómido de potasio por el ácido sulfúrico y el manganeso; estas reacciones se representan por;



El bromo se aísla con,



119. *Usos*. La medicina lo emplea en los mismos casos en que está indicado el iodo, pero siempre en dosis menores. En los procedimientos fotogénicos activa notablemente la accion y se le llama aceleratriz: tambien blanquea las sustancias colorantes.

LECCION XI.

Cloro.--Fluor.--Nitrógeno.

CLORO, *clorum*, C. Equivalente 443,28.

120. *Historia y propiedades*. Fué descubierto por Scheele en

1774, y se le dió el nombre de *ácido muriático oxigenado*, ó *ácido oximurático*, y mas tarde Davy le llamó *clorina*, voz tomada del griego que significa amarillo verdoso: Gay-Lussac y Thénard demostraron que es un cuerpo simple, en cuyo caso Ampère le dió el nombre de *cloro*.

Es gaseoso, de olor y sabor fuerte, desagradable é irritante, de color amarillo verdoso, de 2,44 de densidad y su poder refrigerante de 2,623. Los fluidos imponderados no lo alteran, la llama de una bujía palidere en su atmósfera y luego se apaga: sin embargo, sostiene la combustion del fósforo, del antimonio y otros metales, y se combina con el oro á la temperatura ordinaria.

Esputo á la presión de cinco atmósferas se liquida y tiene el color amarillo verdoso: en este estado su densidad es de 1,33: no se ha podido solidificar. La tension del cloro liquidado es igual á la presión á que pierde la gaseosidad.

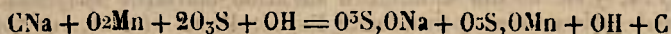
Se combina con el oxígeno y forma cinco ácidos: el perclórico O_7C , el clórico O^5C , el hypo-clórico O^4C , el cloroso O_3C , y el hypo cloroso OC . Millon admite el ácido cloro-clórico $2O^5CO_3C$, y el eloro-perclórico $5O^7C, O^3C$. Se une con los demás cuerpos formando clóridos, y con el hidrógeno el ácido cloridrogénico.

El agua á la temperatura y presión ordinaria disuelve una vez y media su volumen de cloro: esta disolucion cristaliza á -2° , y los cristales constan de 28 de cloro y 72 de agua, lo que da un hidrato igual á $C, 100H$. El poder disolvente del agua aumenta con la presión, para lo que las artes tienen ingenio sus aparatos; á $+7^\circ$ el agua disuelve hasta tres veces y media su volumen de cloro. La disolucion se descompone por el calor y por la luz.

421. *Preparacion.* El cloro se halla en la naturaleza combinado. Se prepara descomponiendo 100 partes de ácido cloridrogénico por 30 de óxido mangánico ayudando la accion por el calor: la teoría se presenta por la siguiente ecuacion.



En muchos establecimientos industriales descomponen la sal marina, por el ácido sulfúrico debilitado y el óxido mangánico. Para ello se emplean 4 partes de clórido de sodio, 2 de ácido sulfúrico, 2 de agua y 1 de peróxido de manganeso. La reacción tiene lugar del modo siguiente;



Usos. Se emplea para desinfectar el aire, como anti-pútrido y en los casos de epizootia. Sirve para el blanqueo del lino, cáñamo, algodón, pasta de papel; decolora y destruye los tintes vegetales, quita las manchas de tinta, fruta, etc. sobre tejidos blancos.

FLUOR, *phluorum*, P. Equivalente 235,435.

122. *Historia, propiedades y preparacion.* M. Ampère propuso la voz griega de *phloro* para designar el radical del ácido fluorídrico-génico. Davy y Louyet han procurado aislarle, y se dice que Braudimon lo ha obtenido muy puro.

Segun este químico es gaseoso, de color pardo amarillento y oscuro, olor parecido á una mezcla de cloro y azucar quemado, no ataca al vidrio, destruye la tintura de añil y se combina con el oro.

M. Pelouze dice, que ha obtenido el fluor descomponiendo el fluórido argéntico colocado en un vaso de espato fluor por una corriente de cloro. Braudimon indica, que haciendo pasar el fluórido bórico por entre el minio colocado en un cañon de porcelana candente, ha conseguido el fluor.

Se encuentra en la naturaleza con abundancia unido con la cal y en cortas cantidades con el hierro, el cerio y otros metales.

NITROGENO, *nitrogenium*, N. Equivalente 175.06,

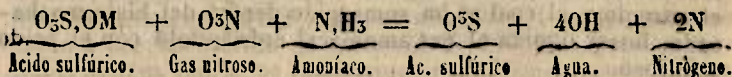
123. *Historia.* Fué descubierto por Rutherford en 1772 y por Lavoisier al descomponer el aire en 1775. Se le llamó *aire viciado*, *mosfeta atmosférica*, *alcaligeno*, y Chaptal le dió el nombre de *nitrógeno* para indicar que era el radical del ácido nítrico ó que engendra el nitro: en esta época se llamaba tambien *azoe*, voz de origen griego compuesta de *alfa* (privativo) y vida.

124. *Propiedades, estado y preparacion.* El nitrógeno no tiene propiedades características: es gaseoso, sin olor, color ni sabor, su densidad de 0,972, su refracción absoluta de 0,000590436 y comparada con el aire :: 1,03408 : 1,000, el calor específico es igual al de este fluido, bajo pesos iguales guarda la relacion de 1,0247 á 1,000 y comparándolo al del agua :: 1,000 : 0,2735.

Los fluidos imponderados no lo alteran, apaga los cuerpos en combustion, asfixia y mata á los animales que le respiran.

Se combina con el gas oxígeno en cinco proporciones, y dá el ácido nítrico O^5N , el hypo-nítrico O^4N , el nitroso O^3N , el hypo-nitroso O^2N y el protóxido de nitrógeno ON : con el carbono forma el cianógeno $NCa=Cy$, y con el hidrógeno el amoníaco NH^3 .

Se estrae del aire absorbiendo el oxígeno por el fósforo inflamado, el ácido carbónico con la potasa y el vapor acuoso con el hypo-clorito cálcico. Tambien se prepara calentando el amoníaco con el ácido sulfúrico que de antemano se le ha hecho absorber cierta cantidad de gas nitroso; la reaccion es como sigue,



El nitrógeno constituye las cuatro quintas partes del volumen de la atmósfera, es uno de los elementos indispensables para la vida animal, y entra en la composicion de varios cuerpos de interés.

LECCION XII.

Amoníaco.--Aire atmosférico.

AMONÍACO, nitrogenido de hidrógeno, $N.H^3$, Equivalente 212,56.

125. *Historia.* Los antiguos le dieron el nombre de *álcali volátil*; por los elementos que le forman debería llamársele *nitrogenido de hidrógeno*, se le designa con la palabra *amoníaco* y en química orgánica suele denominársele *hidramida* ó *hidruro de amida* AdH .

126. *Propiedades.* El amoníaco es gaseoso y sin color, transparente, de sabor acre y cáustico, olor picante, exita las lágrimas, destruye la mucosa pulmonal y que puede causar la muerte. Su densidad es de 0,597. El calórico lo descompone en parte, una série de chispas eléctricas lo reducen á sus dos factores hidrógeno y nitrógeno.

El oxígeno por la influencia del calor lo descompone, y da agua, cierta cantidad de ácido nítrico y nitrógeno. El cloro, el

bromo y el iodo tambien le descomponen en parte, para formar una sustancia sólida de caràcteres salinos. Es impropio para la combustion, apaga las luces que se introducen en su atmósfera presentando antes una aureola rojiza. Obra en sus reacciones como una base poderosa.

127. Espuesto el amoniaco á -50° adquiere la forma líquida, pero Faraday asegura que este cambio de estado se obtiene á 0° y bajo la presion de $3\frac{1}{2}$ atmósferas. Este químico obtiene la licuacion del amoniaco haciéndolo absorber por el clórido de plata, y una vez saturado introducirle en un tubo encorvado, fig. 9, para esponerlo á un calor poco intenso. El clórido funde y desprende el gas, el que viene á condensarse en el extremo x el cual se ha sumergido dentro del hielo machacado. Bussy liquida el gas amoniacal enfriándolo con el ácido sulfuroso.

El agua á la temperatura y presion ordinaria disuelve 500 volúmenes de gas amoniaco puro. La disolucion saturada tiene las propiedades peculiares á dicho cuerpo, y en el comercio se conoce con el nombre de *álcali volatil*. El agua ha aumentado cerca de las dos terceras partes de su volúmen, su densidad á $+10^{\circ}$ es de 0,850, y pierde á $+62^{\circ}$ el gas que habia disuelto: el álcali volatil del comercio tiene el $20\frac{2}{3}$ de amoniaco y su densidad es de 0,92.

128. *Estado natural*. Forma parte del esccremento de los camellos y de la orina, es uno de los productos de la fermentacion pútrida y de la destilacion seca de las sustancias animales; algunas plantas y en particular las flores exalan durante la vejeticion á este cuerpo, y en el aire suele formarse por reacciones particulares bajo el influjo de la electricidad.

129. *Composicion*. Se introducen en el eudiómetro 100 partes de amoniaco y 50 de oxígeno, y se hace pasar la chispa eléctrica; hay absorcion quedando un residuo de 37,5 partes. Haciendo obrar el fósforo desaparece 12,5 de oxígeno y solo quedan 25 de gas nitrógeno. Las 33,5 partes de oxígeno que desaparecieron se combinaron con 75 de hidrógeno para formar agua; luego un volúmen de gas amoniacal consta de 1 y $\frac{1}{2}$ volúmen de hidrógeno y $\frac{1}{2}$ de nitrógeno.

El peso de 1 y $\frac{1}{2}$ volúmen de hidrógeno es. . 0,1038

El peso de $\frac{1}{2}$. . . de nitrógeno es. . 0,4856

El peso de 1 . . . de amoniaco es. . 0,5891

Con estos datos se pueden calcular las cantidades en peso de los dos factores que entran en 100 p. de amoniaco. La fórmula que hemos adoptado es N, H^3 que representa 4 volúmenes de gas amoniaco reducidos á equivalentes.

130. *Consideraciones teóricas.* M. Berzélius desenvolvió el pensamiento de M. Ampère, y despues de los descubrimientos de H. Davy en 1809, trató de hallar en el amoniaco un radical metálico. Segun esto la disolucion saturada de amoniaco en agua $N, H^3 + OH$ es para Berzélius un óxido de ammónio, puesto que el nuevo metal ammonio tiene por fórmula N, H^4 .

Esta consideracion en nada altera los resultados de la esperiencia, porque si la fórmula racional del clórido hidrogenato de amoniaco es $CH + NH^3$ una vez admitido el metal ammónio viene á ser un clórido de ammónio $C + NH^4$. Las oxisales que por la antigua teoria se representan por *ácido+amoniaco+agua*, como el sulfato de amoniaco cuya formula es $O^5S + N, H^3 + HO$ se transforma en sulfato de óxido de ammónio $O^5S + ON, H^4$.

El ammónio es pues un ente hipotético, y toda vez que se admita para poder esplicar ciertas acciones químicas, debemos tambien admitir los radicales hipotéticos del reino orgánico, que con tanta profusion han dado Liebig y otros químicos.

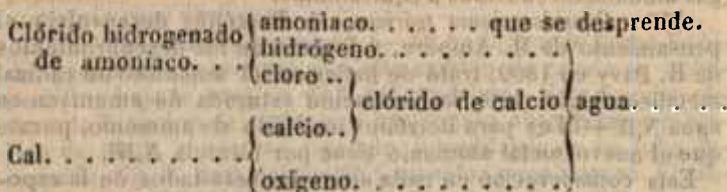
131. Los Sres. Gay-Lusac y Thenard descubrieron en el amoniaco gaseoso un radical que se combina con el potasio y el sodio, y de sus observaciones dedujeron que constaba de nitrógeno é hidrógeno dando la fórmula NH^2 . Este cuerpo es la *amida* que se representa por *Ad*.

En este caso el amoniaco gaseoso viene á ser una combinacion de amida con un equivalente de hidrógeno, y se llama *hidruro de amida* ó simplemente *hidrámda*. Las acciones de la hidrámda con los ácidos hidrogenados darán una sal con cuatro equivalentes de hidrógeno, y por consiguiente un compuesto de amoniaco con el principio negativo del ácido. Otro tanto sucederá con los ácidos oxigenados; así $O^5S, OH + N, H^3$ dará la fórmula empirica $O^4S + Ad, H^2$; del mismo modo O^5S, OK dará O^4S, K ; fórmula empirica del sulfato potásico; pero si se pretende que los ácidos se hallan anidros, entonces la hidramida tiene un equivalente de agua que la transforma en óxido de ammónio, que unido al ácido nos dá una sal, como $O^2Ca + Ad, H + HO = OC^2a + ON, H^4$.

132. *Preparacion.* Para preparar el gas amoniaco se descompone una parte de sal amoniaco ó clórido hidrogenato de amoniaco, por dos de cal viva. La accion tiene lugar á la temperatura ordinaria; pero suele activarse con el calor. El gas se re-

coge en la cuba de mercurio, ó en frascos de Woulf cuando se pretende saturar el agua, fig. 10.

La teoria es la siguiente:



Esta reaccion se representa por; $\text{CN}, \text{H}^4 + \text{OCa} = \text{CCa} + \text{OH} + \text{N}, \text{H}^3$.

Usos. El amoníaco es un excelente reactivo, sirve para avivar el azul de Raymond aplicado en lana ó seda; la medicina lo usa como diaforético y al exterior como resolutivo, se aplica para curar las mordeduras de animales rabiosos y para neutralizar los efectos de los licores espirituosos, y se emplea para quitar manchas de grasa.

AIRE ATMOSFÉRICO.

133. Historia. La atmósfera que rodea nuestro planeta, es una capa aeriforme formada de la mezcla del oxígeno con el nitrógeno, mas algunos otros cuerpos que varían según las circunstancias. El aire fué considerado como un elemento; pero Brun, Juan Rey y Bayen indicaron que algunos metales cuando se calcinaban aumentaban de peso; Lavoisier demostró que cuando menos constaba de los dos principios indicados.

134. Propiedades. El aire es un fluido elástico, trasparente y sin color visto en pequeñas masas, rodea el globo que habitamos y comunica ese color azul que constituye el límite de nuestra vista. No se le distingue sabor ni olor, espesado comprensible y perfectamente elástico.

El calórico y el eléctrico no tienen acción sobre él; pero si se halla cargado de vapor de agua y alguna sustancia alcalina, se forma una pequeña cantidad de ácido nítrico por la acción de la electricidad. Su poder refringente absoluto es de 0,0005891712, y el relativo se toma por 1,000; á él se comparan el de todos los gases. Su densidad=1,000 sirve para comparar la de los cuerpos aeriformes; al nivel del mar se equili-

bra con una columna de mercurio de 0,76, ó con una de agua de 32 pies medida francesa, ó con 56 y medio pies españoles. Un litro de aire atmosférico á la temperatura de 0.º y á la presión de 0,76 pesa, segun Regnault, 1,3295187. Este mismo profesor ha dicho que el aire desde 0.º á 100 aumenta de volúmen 0,00367 para cada grado de la escala centigrada. El agua disuelve á la temperatura media de 10º y á la presión ordinaria, $\frac{1}{30}$ de su volúmen de aire atmosférico.

Este cuerpo se considera como una simple mezcla: los repetidos análisis han probado que consta de 20,8 de oxígeno, 79,2 da nitrógeno, 0,0004 de ácido carbónico, 0,053 de vapor acuoso y en ciertos casos leves indicaciones de gas hidrógeno.

135. *Composicion.* La composicion de la atmósfera se conoce separando primeramente el ácido carbónico y el vapor de agua, y luego el oxígeno y el nitrógeno. Thenard indicó que el agua de barita podia dar á conocer el ácido carbónico, y se ha empleado el agua de cal; pero estos métodos pocos exactos han sido reemplazados por los que Brunner y Bousingault han dado á conocer. Este químico hace pasar por medio de la aspiracion producida por la salida de un líquido, un volúmen determinado de aire seco al traves de un sistema de tubos absorbentes de figura de U, y llenos de piedra pomez empapada de una disolucion de hidrato de potasa. Los dos primeros contienen la pomez con ácido sulfúrico concentrado para retener el vapor de agua, se hallan en comunicacion por tubos apropiados, y se nota que el aumento del peso en los que tienen ácido sulfúrico da el vapor de agua, y el ácido carbónico en aquellos que contienen potasa. Para que la salida se verifique con regularidad se añade al vaso enfriador un frasco de Mariotte.

136. Conocidas las cantidades de ácido carbónico y vapor de agua que existen en un volúmen dado de aire, bajo una temperatura y presión, se pasa á indagar la de gas oxígeno. El método eudiométrico consiste en introducir en el eudiómetro 100 p. en volúmen de aire y 100 de hidrógeno, se hace pasar la chispa eléctrica, y el residuo medido da 137 p. La absorcion es debida á la formacion de agua, que consta de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, dividiendo 63 por 3, se obtiene por cociente 21, que es el oxígeno de 100 p. de aire. Si con un exeso de oxígeno se quema el hidrógeno sobrante y luego se absorbe con el fósforo el oxígeno que haya podido quedar, se obtienen 79 partes de nitrógeno.

Para absorber el oxígeno por el fósforo se usa del aparato

fig. 11. A es un vaso con mercurio, dentro del que inmerje una campana B; en ella se introduce el aire desprovisto del ácido carbónico y vapor de agua, luego un alambre de platino en cuyo extremo lleva una esferita de fósforo α que sirve para apoderarse del oxígeno formando ácido fosfórico.

Dumas y Boussingault han inventado un aparato donde se separa el agua y el ácido carbónico en tubos como dijimos anteriormente, y absorben el oxígeno haciendo pasar el aire en un tubo de combustion que contiene cobre puro calentado al rojo. Bruner ha dado otro aparato donde se puede aislar con una sola operacion los diferentes cuerpos que constituyen el aire.

137. El aire consta en peso de 25, 10 de oxígeno y 76,90 de nitrógeno. Algunas veces se hallan en la atmósfera ciertas sustancias al estado gaseiforme y de origen orgánico, que alteran su pureza, y ejercen una influencia patológica sobre la economía viviente. Los químicos han propuesto varios modos de purificar el aire, entre los que el cloro ocupa el primer lugar.

Oxidos y ácidos metaloideos.

LECCION XIII.

PROPOSICION

*Diferencia entre óxidos y ácidos metaloideos.
Protóxido de hidrógeno.*

138. Los metaloides se combinan unos con otros y constituyen cuerpos binarios, en los que sobresalen las propiedades de los componentes. Durante mucho tiempo se creyó que algunos de estos compuestos no tenían carácter especial, y debían considerarse como neutros; pero en el día se admite, que pueden funcionar como ácidos ó como bases, considerando la neutralidad como relativa.

De ahí resulta, que además de los ácidos oxigenados propiamente dichos, y de las combinaciones del fluor, cloro, bromo,

iodo, azufre, selenio, y telurio con el hidrógeno llamadas impropia-mente *hidrácidos*, y que tienen todos los caracteres de los ácidos fuertes, se conocen tambien clóridos, brómidos, sulfidos, etc. que funcionan en determinados casos como verdaderos ácidos. Algunos compuestos de oxígeno con los metaloides tienen propiedades básicas, y aun cuando son poco frecuentes, tienen grande importancia por su inmediata influencia en varios fenómenos.

139 En los oxácidos ó ácidos oxigenados, el oxígeno es el principio acidificante, y el radical es el cuerpo simple ó compuesto electropositivo. De ahí nace el dividir los ácidos en *ácidos de radical simple*, que son todos los que tienen por radical un metaloide, y en *ácidos de radical compuesto* por que constan de carbono, hidrógeno y nitrógeno, ó simplemente de estos dos elementos: estos ácidos pertenecen al dominio de la química orgánica. En la primera serie deben añadirse los óxidos metálicos que tienen muchos equivalentes de oxígeno.

140 Se ha dicho que los ácidos deben tener un sabor agrio, enrojecer las tinturas azules vegetales y saturar a los álcalis. Estos caracteres no son exclusivos, porque algunos como el silícico son insolubles, carecen de sabor, y no enrojecen las tinturas azules. Solo se puede decir, que la tendencia de los ácidos es siempre electropositiva.

Los ácidos oxigenados al combinarse con las bases lo verifican en cantidades diferentes, segun la proporcion de oxígeno que ella representa: así es, que un mismo peso de ácido sulfúrico ó nítrico se combina con distintas bases, y la cantidad de estas es diferente para cada compuesto, aun cuando representa la misma proporcion de oxígeno.

141. Se llama *capacidad de saturacion* de un ácido a la cantidad de oxígeno que contiene la base que satura 100 p. de dicho ácido. Así se nota, que la base que satura 100 p. de ácido sulfúrico representa 19,96 de oxígeno, y para 100 de ácido nítrico contiene 14,75: la capacidad de saturacion del ácido sulfúrico es de 19,96, y la del ácido nítrico de 14,75.

Para conocer la fuerza de concentracion de los ácidos se emplea el areómetro comun; pero los químicos suelen usar métodos mas exactos.

Se ha propuesto formar sales con la cal; mas como algunas son insolubles, ha sido preciso sustituir la base caliza con el carbonato de sosa, seco, puro y no esfloreciente, indagando la cantidad que otra dada de ácido necesita para saturarse per-

fectamente, y dar una sal neutra á los reactivos ordinarios.

Para ello se toma por tipo la porción de ácido sulfúrico monohídrico $O^3S.OH$, necesaria para saturar 100 p. de carbonato sódico con las condiciones indicadas, y la experiencia demuestra que 9 de ácido saturan 25 de carbonato: de modo que sabiendo la cantidad de otro ácido indispensable para saturar 25 de carbonato, y suponiendo que el sulfúrico se halla á 100° *ácido-métrico*, se tendrán los términos de una proporción. Así, como 22 de ácido piroleñoso saturan 25 de carbonato sódico; se dirá,

$$22 : 9 :: 100 : x = \frac{9 \times 100}{22} = 40,99;$$

de donde resulta que el ácido piroleñoso que marca 8° del areómetro de B. se halla á 41° próximamente de la escala ácido-métrica.

142. Los ácidos oxigenados se combinan con los radicales compuestos, con los óxidos, clóridos, etc. de estos radicales, y dan nacimiento á compuestos de propiedades ácidas; de modo que el compuesto no ha sido saturado por la base ó cuerpo electro positivo, y el producto sin representar las virtudes especiales de los compuestos de su clase, puede funcionar como sal. Estas combinaciones llevan el nombre de *cópulas* ó *ácidos copulados*, y el cuerpo que se ha unido con el ácido se llama *cópula*.

143. Los ácidos son mono básicos cuando saturan un equivalente de base eliminando otro de agua, y forman una sal neutra á los reactivos; bi-básicos si necesitan dos para la saturación; tri-básicos si son tres; pasado de este punto suelen llamarse polibásicos. El agua en estos casos reemplaza la falta de los equivalentes de base, y la sal para los ácidos bi-básicos y tri-básicos es ácida. En general el poder básico de dos ácidos que se combinan ó se copulan, es igual á la suma de sus poderes básicos respectivos, rebajado de la unidad. En el estudio de los ácidos debe conocerse el número de equivalentes del cuerpo negativo y positivo que los forman.

PROTÓXIDO DE HIDRÓGENO, *agua*, OH . Equivalente 112,50.

144. *Historia.* Priestley había observado, que cuando el hidrógeno ardía dentro de un vaso de cristal á expensas del aire, se depositaba en las paredes interiores un rocío que Walt le atri-

bryóval flogístico que el oxígeno adquiría á favor del aire combustible, por cuyo medio se depositaba en forma de agua. Cavendish indicó que el oxígeno era el agua privada de flogístico, y por fin Lavoisier aseguró que el agua era un cuerpo compuesto de oxígeno y nitrógeno: idea luminosa, porque el agua durante muchos siglos fué considerada como un elemento.

143. **Propiedades.** El agua puede presentarse sólida, líquida y gaseosa: en el día se admite el estado esferoidal. El agua sólida se obtiene cuando la temperatura del ambiente experimenta una grande baja; así se vé, que durante los exesivos frios del invierno cambia de estado, y nos ofrece una cristalización por fusión, cuyas figuras al parecer extravagantes, provienen de varios cristales elementales, que examinados son prismas á 6 caras. El cero de nuestros termómetros es el punto de fusión del hielo, por que la temperatura á que esta se verifica es siempre la misma cualquiera que sea la latitud y altura donde tiene lugar la observacion. No sucede lo mismo con la temperatura á que el agua se congela, pues varia con aquellas dos circunstancias, y con el reposo del liquido; así se vé, que cuando se enfria el agua con lentitud y se procura que no tenga movimiento alguno, puede adquirir -10° sin perder su liquidez; pero apenas el vaso adquiere algun movimiento cuando al instante se congela.

146. El agua al solidificarse aumenta de volumen, y disminuye la densidad: esta es la razon porque el hielo sobrenada en la superficie de las aguas. La Providencia que vela por todo lo creado ha dispuesto que así sea contra las leyes de la dilatacion, por que si el agua al solidificarse aumentara de peso, como es natural, iria el fondo de los mares, otras capas líquidas se solidificarian y toda el agua, sobre todo en las regiones polares, se convertiria en hielo. Entonces perecerian esa multitud de seres vivientes que pueblan los mares y rios, y el hielo no volveria á adquirir el estado de liquidez.

El agua al solidificarse hace un esfuerzo que los académicos de Florencia apreciaron rompiendo una esfera de grande espesor; á este esfuerzo se deben los rompimientos que se ven durante las heladas, y otros fenómenos de esta clase.

147. El agua sólida no tiene olor, es trasparente y sin color, conduce bien el calor por debajo de cero, su densidad es de 0,93 y algunas veces adquiere un tinte rosáceo por la presencia de un hongo, cuyo color altera la blancura.

148. *El agua líquida* es trasparente y sin color si se observa en pequeñas masas; pero tiene un tinte azulado sucio, y se vuelve opaca cuando el depósito es muy profundo: es compresible, algo elástica y capaz de transmitir el sonido. La presión de una atmósfera disminuye su volumen de 0,000048, su densidad y su calor específico se toman por 1,000, y á esta unidad se comparan los calores específicos y las densidades de todos los cuerpos sólidos y líquidos. El peso de un centímetro cúbico de agua á $+4,^{\circ}108$ de temperatura y bajo la presión de $0,^m76$ se toma por unidad y se llama gramo.

El carbono, el cloro, el bromo y el iodo descomponen el agua en determinadas circunstancias.

149. *El agua en vapor* ó gas no permanente, es trasparente ó opaca segun su concentracion, no tiene color ni sabor, su densidad es igual á 0,625: un centímetro cúbico de agua líquida que adquiere el estado de gas no permanente dá 1700 centímetros cúbicos de dicho vapor á 100° . Cuando el agua se calienta á la presión de 0,76 la temperatura se eleva hasta 100° , y no varía sea cual fuere la intensidad del calor; pero disminuyendo la presión hierve á menor temperatura, y Gay-Lussac ha dicho que 400 gramos de agua reducidos á vapor á la presión ordinaria, pueden durante su condensacion elevar de 0° á 100 quinientos gramos de agua líquida.

El agua ocupa las tres cuartas partes de la superficie de la tierra: al estado sólido constituye la nieve, el hielo y las escarchas; cuando líquida forma los mares, los rios, lagos, lagunas, pantanos, fuentes, etc. y al estado de vapor las nubes, nieblas y parte constitutiva de la atmósfera.

150. El agua líquida pura no se encuentra porque tiene sustancias extrañas en disolucion, que algunas veces la hacen impropia para los usos comunes de la vida, y le comunican propiedades especiales para la medicina. Por esta razon algunas aguas se llaman *minerales*. El agua de lluvia recogida con cuidado es la mas pura de las aguas naturales, luego vienen las potables, y siguen las de pozo que se llaman *selenitosas* y *calcáreas*; aun cuando estas denominaciones se estienden á las aguas que contienen sulfato y carbonato de cal.

151. Las aguas por razon de su temperatura se dividen en frias y termales: en las primeras la temperatura no pasa de $+18^{\circ}$, y en las segundas puede llegar desde 23 á 60° . Por razon de los cuerpos que tienen disueltos se dividen en sulfurosas, acídulas, alcalinas, salinas, ferruginosas y betuminosas.

El agua pura se obtiene por medio de la destilacion, y consiste en evaporar el agua y condensarla: el aparato donde se practica se llama *alambique*, que consta de la cucúrbita, el capitel y el serpentín, fig. 12. El agua que no dá precipitado ni se altera con el agua de cal ó de barita, y el nítrato de plata, el de barita, el clorido de barita, algunos sulfidos y además no deja residuo evaporándola en una cápsula de platino puede considerarse como pura. Su composición se puede saber por medio de la síntesis y del análisis: el agua se descompone por la electricidad dinámica; el oxígeno se recoge en el reóforo positivo y el hidrógeno en el negativo: el volumen de este es doble del de aquel. Se consigue descomponer el agua en la cuba de mercurio por el metal potasio, y haciéndola pasar al estado de vapor por un cañon de porcelana lleno de virutas de hierro, calentado hasta el rojo. Verificando la síntesis en el eudiómetro por la chispa eléctrica, ó reduciendo el óxido de cobre ó de hierro por el gas hidrógeno se llegan á apreciar las cantidades en peso de los componentes del agua.

De estas esperiencias se deduce, que el agua consta de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno O, H_2 , ó de un equivalente de oxígeno y otro de hidrógeno OH .

Un volumen de oxígeno pesa. 1,1052

Dos volúmenes de hidrógeno pesan. 0,1576

El agua formada pesa. 1,2428

Para saber el oxígeno y el hidrógeno que contiene 100 p. de agua, basta resolver las siguientes proporciones:

$$\text{Si } 1,2428 : 1,1052 :: 100 : x = \frac{1,1052 \times 100}{1,2428} = 88,92 \text{ de oxígeno.}$$

$$\text{Si } 1,2428 : 0,1576 :: 100 : x = \frac{0,1576 \times 100}{1,2428} = 11,08 \text{ de hidrógeno}$$

Oxígeno 88,92 + Hidrógeno 11,08 = 100 de agua.

Si sumamos el equivalente de oxígeno que pesa 100 con el del hidrógeno que pesa 12,50 se tendrá 112,50 para el equivalente del agua OH .

155. Usos. El agua sólida constituye una parte importante en

aquellos países que por su posición los hielos son permanentes. Supresencia es sorprendente, formando en las regiones polares dilatadas llanuras, montañas de considerable estension, islas flotantes en medio de un mar tranquilo. El agua líquida dá lugar á los mares, infiltrándose en el seno de la tierra forma las fuentes y manantiales, de donde toman origen los rios; establece corrientes subterráneas que el hombre con su industria sabe aprovechar, es uno de los cuerpos mas importantes de la naturaleza. El agua dulce ó potable sirve de vehículo y es un agente necesario á nuestra existencia, conteniendo sustancias salinas en disolución y sobre todo la sal marina, constituye el agua del mar y la de algunas fuentes; y unas veces por su temperatura, otras por los cuerpos que ha disuelto dá origen á las llamadas minerales. Por consiguiente, la importancia del agua líquida en la naturaleza se deja ver por sus aplicaciones en la agricultura, á las artes productoras, á la medicina y para nuestra existencia. Reducida á vapor da origen á las nubes, nieblas y otros fenómenos de congelación que hemos explicado. Aplicada como fuerza motriz es un agente poderoso que aproxima los intereses mercantiles y sociales de países remotos, y contribuye al fomento y desarrollo de la industria.

151. BI-ÓXIDO DE HIDRÓGENO, O_2H , equivalente 212,50. Este cuerpo llamado *agua oxigenada*, fué descubierto por Thénard en 1818. Es líquido hasta -30° , no tiene olor ni color, de sabor análogo á ciertas disoluciones metálicas, su densidad es 1,452 y atraviesa el agua destilada á la manera de jarabe. Se prepara disolviendo el deutóxido de bario en un volumen de ácido clórico-hidrogénico debilitado, se precipita la barita por el ácido sulfúrico: esta operación se repite con un mismo líquido varias veces, separando siempre los precipitados; luego se trata el líquido por el sulfato de plata para aislar el ácido clórico y con el agua de barita se acaba de separar el ácido sulfúrico.

LECCION XIV.

Oxido de carbono. -- Acido carbónico

ÓXIDO DE CARBÓN, OCa . Equivalente 175,12.

155. Este cuerpo fué descubierto por Priestley: es gaseoso,

sin color, olor ni sabor, apaga á los cuerpos en combustion y mata á los animales que le respiran: su densidad es de 1,057. Arde al contacto del aire y dá ácido carbónico; por la acción del cloro y de la luz produce ácido cloroxicarbónico. Se prepara calentando fuertemente una mezcla de carbonato cálcico y carbón de azúcar y se vea el

ácido carbónico, O_2Ca . Equivalente 265,12. **Historia.** Este ácido conocido en el siglo XVI con la palabra genérica gas, fué llamado por Paracelso y Van Helmont *aire fijo*, *ácido cretáceo* y *gas de las fermentaciones* por haber observado que se desprendía en la fermentación y durante la calcinación de las piedras calizas. Hales en el siglo XVII dijo que formaba parte de los ideales, Priestley manifestó que existía en la atmósfera, y Lavoisier dió á conocer su naturaleza. Berzelius, Dumas, Thilorier y otros químicos han contribuido á completarlo estudio. **Propiedades.** Es gaseoso, sin color y de olor picante y de sabor algo astringente: apenas enrojece la tintura de tornasol y á medida que el gas se desprende vuelve á adquirir su color azul; apaga á los cuerpos en combustion y asfixia á los animales que le respiran. Su densidad es de 1,529 su refracción relativa de 1,00476, y el calor específico comparado á un peso igual de aires de 0,828. El calor no lo altera, solo le hace adquirir mayor volumen; una serie de chispas eléctricas lo descomponen en oxígeno y óxido de carbono; en cuyo caso el volumen de los gases después de la descomposición es mayor. El hidrógeno y el carbono con la ayuda del calor lo reducen á sus principios, y el fósforo en vapor también puede descomponerlo, dándole lugar á nuevos productos. El agua á la temperatura y presión ordinaria disuelve 1,08 de su volumen de ácido carbónico; pero aumentando la presión y disminuyendo la temperatura su poder disolvente es mayor. Mas esta facultad no es proporcional á la presión, porque á 4 atmósferas debería disolver 4,0x4, y según M. Caenber á siete solo disuelve 5,30. El agua saturada de ácido carbónico tiene un sabor picante que no desagradó; y se emplea como sedante; las aguas naturales ó artificiales que tienen en disolución á este ácido, presentan en general molitud de burbujitas que indican su des-

prendimiento; y cuando la cantidad de gas disuelto es muy grande y está espuesto á una presion mas ó menos fuerte, así que falta la causa comprimente la elasticidad del gas siendo mayor que la fuerza de combinacion, se desprende con abundancia, y produce una espuma espesa que sale de la vasija; tal sucede con el vino de Champaña, la cerveza y otras bebidas espumosas.

159. Según Faraday el ácido carbónico se liquida siempre que á cero grados se espone bajo una presion de 36 atmosferas; en este caso es liquido, sin color, trasparente, movable y muy dilatáble. Se disuelve en corta cantidad en el agua y el exeso sobre nada en el aceite de trementina: el alcohol se mezcla con él en todas proporciones.

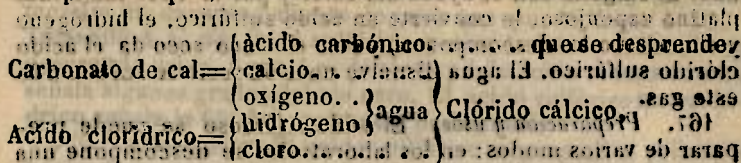
160. El ácido carbónico liquido cuando se evapora produce una temperatura tan baja, que el restante adquiere el estado sólido. Thilorier imaginó un aparato á fin de obtener grandes cantidades de ácido carbónico sólido; pulverulento, sin color y parecido á la magnesia: la presion lo reduce á la mitad de su volúmen, y formando bolas amasándolo con la mano estas tienen mucha elasticidad. Parece que manteniendo con la mano el ácido carbónico sólido debia robar el calor y adquirir el estado de gas; pero permanece mucho tiempo sólido y la mano apenas siente una sensacion de frio muy grande: sin duda el ácido carbónico sólido está rodeado de una atmósfera de dicho cuerpo, que por su poca conductibilidad calorífica aísla el ácido sólido. Sin embargo, cuando se amasa con fuerza entre los dedos, pasa al estado de gas y su accion se parece á la de una quemadura producida por la sustraccion rápida del calor.

161. M. Michel ha encontrado que la fusion del ácido carbónico sólido corresponde á -65° . Pouillet ha conseguido 1781 y Thilorier mezclándolo con el etér anidro y con el alcohol ha obtenido -81° en el aire y $-93\frac{1}{3}$ en el vacío.

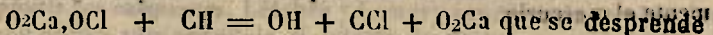
162. Estado. El ácido carbónico existe en la naturaleza libre y combinado. En la atmósfera se halla al estado libre, así como en los pozos y galerias, y disuelto en ciertas aguas. Algunas grutas tienen una capa permanente de este ácido cuya altura no varia, como sucede en la gruta del perro en Nápoles y la que existe cerca de Soria á la derecha del Duero. Además se desprende en la respiracion de los animales, en los volcanes, en las fermentaciones y en la combustion. Combinado con algunos óxidos constituye los carbonatos;

163. Preparacion. El ácido carbónico se prepara descompo-

niendo un carbonato por un ácido fuerte: se dá la preferencia al carbonato de cal ó creta y el ácido cloridrogénico. La reaccion se representa por;



La ecuacion, que indica esta reaccion es como sigue:



Carbonato de cal. Ac. clorídrico Agua. Cl. cálcico. Ac. carb. + (H₂O, 200)

Cuando se usa el ácido sulfúrico se forma al rededor del carbonato una capa de sulfato de cal, que impide la accion del ácido, por cuya razon en la práctica se usa el procedimiento indicado.

164. Usos. Este ácido se emplea para la preparacion de las aguas carbonicas artificiales; en varias bebidas espumosas; en la obtencion de algunos compuestos químicos, etc.

La medicina lo administra como diurético, apetitivo, sedante y tónico, pero siempre disuelto en el agua.

El oxígeno y el carbono forman ademas otros cinco compuestos ácidos, que son; el ácido melítico $\text{O}^5\text{Ca}^4 + \text{OH}$; el ácido efo-cónico $\text{O}^4\text{Ca}^5 + \text{OH}$; el ácido rodizónico $\text{O}^7\text{Ca}^7 + 3\text{OH}$; oxalico $\text{O}^5\text{Ca}^2 + \text{OH}$; y el ácido mesoxálico O^4Ca^3 .

LECCION XV.

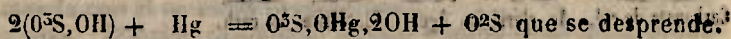
Acido sulfuroso. — Acido sulfúrico monohidratado. Equivalente 400,65.

Historia. Parece que este ácido se conoció por los antiguos, pero Lavoisier en 1777 presentó su composicion.

166. Propiedades. Es gaseoso, de olor picante, sabor fuerte y desagradable; excita la tos, se inflama al contacto del aire y de la llama de una bujia; es impropio para la combustion y su densi-

dad es 2,247. A $+ 12^{\circ}$ se liquida, y entonces es líquido, sin color, muy movable, capaz de reducirse á vapor y de 1,42 de densidad. El oxígeno con el ayuda del calor y por el intermedio del platino esponjoso, le convierte en ácido sulfúrico, el hidrógeno y el carbono lo descomponen, y con el cloro seco da el ácido clórico sulfúrico. El agua disuelve unas 50 veces su volumen de este gas.

167. *Preparación y usos.* El ácido sulfuroso se puede preparar de varios modos: en los laboratorios se descompone una parte de ácido sulfúrico por medio de un metal á fin de formar un sulfato con el ácido no descompuesto: se emplea generalmente el mercurio.



Acido sulfúrico. Mercurio. Sulfato de mercurio. Ac. sulfuroso.

Este ácido se emplea para blanquear la lana y la seda; de colora las sustancias orgánicas, sirve para quitar manchas de fruta en ropa blanca y para mejorar la calidad de los vinos y rebajarles el color. La medicina lo usa para combatir las enfermedades de la piel.

ACIDO SULFURICO MONO-HIDRATADO, $O^5S.OH$. Equivalente 613,25.

168. *Historia.* Este cuerpo fué descubierto por Basilio Valentin en el siglo XV destilando el sulfato de hierro con arvilla. Lefebre y Lemery dieron grande impulso á su fabricacion, y Lavoisier y Chaptal hicieron conocer su naturaleza y modificaron los aparatos para su obtencion.

169. *Propiedades.* Este ácido llamado *aceite de vitriolo*, es líquido, de consistencia oleaginosa, sin color ni olor y de 1,848 de densidad. Se volatiliza por el calor y da un vapor de color blanquecino, acre y capaz de destruir los cuerpos orgánicos. Hierve á 310° y á -15° cristaliza en prismas regulares; si el vapor se hace pasar al traves de un cañon de porcelana candente se descompone en ácido sulfuroso y oxígeno. En contacto del aire y de la luz se pone viscoso, y adquiere un color oscuro; es higrométrico y corrosivo; algunos cuerpos le descomponen por el intermedio del calor.

El ácido sulfúrico forma con el agua varios hidratos á proporciones definidas, como $O^5S.20H$ que cristaliza de un modo re-

gular. Se mezcla tambien en todas proporciones con el agua, y disminuye de densidad, pero jamás llega à uno. Hay en estas mezclas un desprendimiento de calor que puede llegar à 100°. Tomando 4 p. de ácido sulfúrico y una de nieve triturada se desprende calor, y con 4 p. de nieve y 1 de ácido el termómetro señala algunos grados debajo cero. El ácido sulfúrico mono-hídrico señala la 66° del areómetro de Beaumé.

170. *Preparacion.* El ácido sulfúrico se preparó al principio haciendo experimentar combustion el azufre dentro de grandes recipientes humedecidos, por cuya razon se llamó *oleum sulphuris per campanam*. L'ébvre y Lemery ayudaron la combustion del azufre adicionándole el nitrato de potasa, y mas tarde se sustituyeron los recipientes por grandes cámaras de plomo, y las palas de combustion por carretones de hierro. Chaptal inventó los aparatos de combustion intermitente, Payen introdujo el de combustion continua, se reemplazó el uso del nitro por la accion del ácido nítrico sobre el azucar, el almidon ó el melote, se aplicó un sifon de platino con cuatro brazos para abor- rar el tiempo de descargar las calderas y el alambique, y últimamente en el dia se emplean varias cámaras puestas en comunicacion entre sí y cierta cantidad de ácido sulfúrico cargado de gas nitroso.

El ácido sulfúrico al salir de la cámara de plomo solo debe señalar 45 ó 50° de B; luego se concentra en calderas de plomo hasta 55°, y concluye la concentracion en grandes retortas de vidrio ó en un alambique de platino hasta los 66°, en cuyo punto se libra al comercio.

171. La teoria se comprenderá fácilmente por las siguientes reacciones:

El deutóxido de nitrógeno al contacto de un exeso de aire, se trasforma en ácido-hyponitrico, O_4N :

Este ácido por la influencia del agua en corta porcion; pasa al estado de ácido nítrico; así, $2O_4N + OH = O_5N, OH + O_5N$.

Este ácido nitroso O^5N en contacto de un gran exeso de agua se convierte en ácido nítrico y deutóxido de nitrógeno: la siguiente ecuacion da á conocer esta reaccion; $5O^5N + nOH = (O_5N + nOH) + 2O^2N$: siendo n un número cualquiera de equivalentes de agua.

A continuacion el ácido hypo-nítrico en presencia de una grande cantidad de agua, se trasforma en ácido nítrico y deutóxido de nitrógeno; $6O_4N + nOH = (4O_5N + nOH) + 2O^2N$.

Últimamente, el ácido sulfuroso O^2S por la influencia del áci-

do nítrico hidratado O^5N+nOH pasa al estado de ácido sulfúrico, y trasforma el ácido nítrico en ácido hypo-nítrico; $SO^2+O^5N+nOH=SO^3+nOH+O^4N$.

Esta série de reacciones se demuestran haciendo pasar á la vez en un recipiente de cristal, cuyas paredes se hayan humedecido, ácido sulfuroso y deutóxido de nitrógeno, fig. 13.

172. *Usos.* No es posible recorrer todas las aplicaciones á que se destina el ácido sulfúrico; puede decirse que no hay operacion química, industrial y manufacturera, en la que directa ó indirectamente no se emplee este ácido.

173. **ACIDO SULFÚRICO DE NORDHAUSEN.** Este ácido llamado *ácido sulfúrico fumante, de Sajonia ó glacial*, es una mezcla de ácido sulfúrico sólido y ácido mono-hídrico; de suerte que sus propiedades dependen de las cantidades de estos ácidos. La fórmula que adoptamos $O^3S.OH+O^5S$ puede considerarse como una combinacion: pero en la práctica es casi imposible obtener un compuesto segun aquellos principios. El verdadero procedimiento que siguen en Sajonia para su fabricacion nos es desconocido; sin embargo los químicos lo obtienen descomponiendo el sulfato ferroso desecado y recibiendo el ácido sulfúrico sólido en un recipiente que tenga ácido mono-hídrico.

Se conoce además el ácido hypo-sulfúrico O^5S^2 , el ácido hypo-sulfuroso O^2S^2 , el ácido hypo-sulfúrico mono-sulfurado O^5S^2+S , el bi-sulfurado $O^5S^2+S_2$ y el triulfurado $O^5S^2+S^3$.

LECCION XVI.

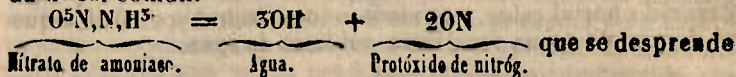
Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno.

PROTÓXIDO DE NITRÓGENO, ON. Equivalente 275,06.

174. *Historia y propiedades.* El protóxido de nitrógeno fué descubierto por Priestley en 1796, y se llamó *gas hilarante y oxidulo de azoe*. No tiene color ni olor, el sabor algo azucarado, su densidad de 1,520 y activa la combustion como el oxígeno, apesar de que es impropio para la respiracion; se liquida y aun puede solidificarse. Se disuelve en el agua, el alcohol y en la sangre á la que comunica un color purpurino. El calor lo

descompone, el azufre, el fósforo, el hidrógeno y algunos carburos hidrogenados tambien lo descomponen con ayuda del calor ó de la chispa eléctrica.

173. *Preparacion.* Este cuerpo se prepara descomponiendo el nitrato de amoniaco por un calor moderado: el hidrógeno del amoniaco se combina con una parte del oxígeno del ácido nítrico, y el protóxido de nitrógeno se recoge en agua saturada de sal comun.



BIÓXIDO DE NITRÓGENO, O^2N . *Equivalente* 375,06.

176. *Historia y propiedades.* El bióxido de nitrógeno, llamado *deutóxido de nitrógeno* ú *óxido nítrico*, fué descubierto por Hales y estudiado por Davy y Gay-Lusac. Es gaseoso, sin color ni acción sobre los colores azules vegetales, comunicando á ciertas sustancias animales un tinte amarillo: su densidad es de 1,0392, apaga á los cuerpos en combustion, es poco soluble en agua y se combina con los aceites grasos y volátiles. En contacto del oxígeno se combina con él y se trasforma en gas ácido nitroso; se combina tambien con las sales de protóxido de hierro y les comunica un color moreno.

177. *Preparacion.* Se obtiene descomponiendo el ácido nítrico debilitado por el cobre: se forma nitrato de cobre y bióxido de nitrógeno que se desprende. $4\text{O}^5\text{N}, \text{OH} + 3\text{Cu} = 3\text{O}^5\text{N}, \text{OCu} + 4\text{OH} + \text{O}^2\text{N}$.

ACIDO NITROSO, O^5N . *Equivalente* 575,06.

178. *Historia, propiedades y preparacion.* Este cuerpo fué descubierto por M. Gay-Lussac. Es gaseoso, se liquida á -20° , en cuyo caso no tiene color, su densidad mayor que la del agua y á medida que va obrando el calor adquiere un tinte verde amarillo ú rojo. Se combina con algunos ácidos y dá cuerpos definidos, y por esta razon se ha propuesto llamarle *azotido* ó *nitrosido*.

Se prepara tratando el ácido nítrico por el almidon ó azúcar.

ACIDO HIPONÍTRICO, O^4N . *Equivalente* 575,06,

179. *Historia, propiedades y preparacion.* Este ácido fué estu-

diado por Dulong y Gay-Lussac: se le llamó *ácido hypo-nítrico* ó *vapor nítrico*, Berzelius le consideró como un compuesto de ácido nítrico y óxido nítrico $20^5\text{N} + 0^2\text{N} = 50^4\text{N}$, y otros químicos dicen resulta de la union del ácido nítrico con el ácido nítrico $0^5\text{N} + 0^5\text{N} = 20^4\text{N}$.

Es líquido, de color anaranjado, su densidad de 1,42, hierve á +22°, y segun Regnault á +28, cristaliza á -12° dando prismas transparentes. Se obtiene descomponiendo el nítrato de plomo desecado por el calor, y condensando el ácido hypo-nítrico que se desprende en un recipiente cubierto de agua.

ACIDO NÍTRICO, 0^5N . *Equivalente* 67,506.

180. *Historia.* El ácido nítrico parece fué descubierto por Geber en el siglo nueve; pero se dice que Raimundo Lulio natural de Mallorca y que á la vez era fraile, médico y químico le dió á conocer en 1225. Primero se le llamó *agua fuerte, espíritu de nitro, ácido del salitre*, etc. despues de la reforma de la nomenclatura se le ha señalado con los nombres de *ácido nítrico* ó *ácido azótico y azotato mono-hídrico*: Cavendish y Berthollet demostraron su composicion.

181. *Propiedades.* Este ácido á su máximo de concentracion tiene 14,5 por 100 de agua, y dá la fórmula $0^5\text{N}, \text{OH}$. Los químicos aseguran que no puede obtenerse sin agua, aun cuando se dice que alguno lo ha preparado al estado anidro ó 0^5N . Es líquido, sin color ni olor, de sabor ácido y corrosivo, y su densidad de 1,610: generalmente tiene un tinte amarillo debido al óxido nítrico que ha disuelto, y un olor perceptible por algun vapor rutilante.

Hierve á +80°, se solidifica á -50; pero si tiene mayor cantidad de agua la solidificacion no se verifica á tan baja temperatura. El calor lo descompone en ácido hypo-nítrico y oxígeno, pero segun Mistcherlich esta descomposicion llega hasta sus dos factores, haciendo pasar los vapores al traves de un tubo de porcelana calentado al rojo blanco. La luz solar lo altera adquiriendo un color amarillo y desprendiendo oxígeno; pero á medida que aumenta la cantidad de agua disminuye esta accion, llegando á ser del todo nula. El ácido nítrico se ampara del agua, por cuya razon esparce vapores blancos al contacto del aire húmedo, y entonces se debilita. Muchos cuerpos metaloides y metálicos lo descomponen, de modo que se considera como un poderoso oxidante.

El oxígeno del agua del ácido mono-hídrico, es la quinta parte del que tiene el ácido anidro, ó su capacidad de saturacion es igual al quinto del oxígeno que tiene.

Las sustancias orgánicas muy hidrogenadas, como el aceite de sándalo, y el de trementina mezclados con la mitad de su peso de ácido nítrico concentrado, producen un desprendimiento de humo rojo bastante denso y luego se inflaman; pero cuando tiene cuatro equivalentes de agua dá ácido óxalico, málico ó carbónico, en algunos casos una materia grasienta y en determinadas circunstancias ácido cianido-hidrogénico. El ácido nítrico produce con varios productos orgánicos compuestos copulados de carácter ácido, que se combinan con las bases, de modo que la cópula está unida á un nitrato. Este ácido es un veneno muy activo, destruye los tejidos orgánicos y los tiñe de amarillo; este color y el que producen los nitratos se quita con una disolucion de iódido potásico.

182 Estado. Se encuentra combinado con la cal, la potasa y la sosa: yo he reconocido el nitrato de magnesia en las tierras que lejivan las nitrerías de Benamaurel y del rio Almanzora (reino de Granada). Durante las tempestades el agua de lluvia contiene alguna cantidad de ácido nítrico unido al amoniaco.

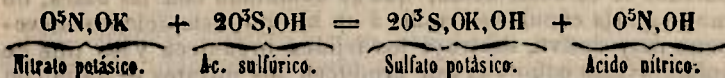
183. Composicion. Berthollet dió á conocer los elementos del ácido nítrico introduciendo en el eudiómetro el nitrógeno y el oxígeno con una disolucion de potasa caústica y esponiendo el todo á una série de chispas eléctricas. Gay-Lussac de sus observaciones directas ha deducido, que el ácido nítrico consta de 2 volúmenes de nitrógeno y 5 de oxígeno, lo que dá en átomos O^5N^2 y en equivalentes O^5N .

Este ácido se reconoce porque con el mercurio desprende vapores rutilantes, mezclado con el ácido clorídrico disuelve el oro y el platino, deja sobre los tejidos de lana teñidos con añil una mancha amarilla, y comunica á la morfina un color rojo parecido á la sangre alterada.

184. Preparacion. El agua fuerte se preparó al principio destilando la pasta que se obtenia amasando el nitro con una arcilla aluminosa. En el dia se siguen dos procedimientos diferentes. En algunos puntos utilizan los residuos de las nitrerías (legías) los que descomponen por el calor. En las fábricas y laboratorios se destila una mezcla de nitro y ácido sulfúrico: la reaccion se practica en cilindros de hierro colado, que comunican con recipientes de arcilla ó de vidrio, ó se puede verificar en retortas de vidrio ó de arenisca, fig. 14. La mezcla consta de

6 partes en peso de nitró y cuatro de ácido sulfúrico del comercio, y apenas los dos cuerpos se hallan en contacto se nota un desprendimiento de vapor rutilante, la mezcla se derrite y aparecen vapores blancos, los que son sustituidos por otros rutilantes que indican el final de la operación. En este caso se eleva la temperatura para acabar de desprender las últimas porciones de ácido nítrico. Según esto la operación tiene tres periodos.

185. La teoría, sencilla en su esencia, se complica por estos cuerpos accesorios; pero para la inteligencia del principiante la presentaremos con toda simplicidad en la siguiente fórmula:



El ácido nítrico obtenido de las lejías marca de 28 á 33.° B. y se llama *agua fuerte sencilla*, y el que se consigue de la descomposición del nitró señala de 36 á 40.° B. y se conoce con el nombre de *agua fuerte doble*. Suele contener gas nitroso y ácido sulfúrico y clorídrico: para purificarlo se destila á un calor moderado en contacto del nitrato de plomo pulverizado.

186. *Usos.* Este ácido tiene muchas aplicaciones como oxidante; con el ácido clórico-hidrogénico forma el agua regia, sirve para la operación del apartado, para gravar sobre acero y cobre, limpiar el latón y otros metales, para la litografía y preparar varios productos químicos. En medicina se emplea concentrado para cauterizar las carnes fungosas, y diluido en alcohol ó con agua y suministrado en la dosis de algunas gotas es un excelente atemperante.

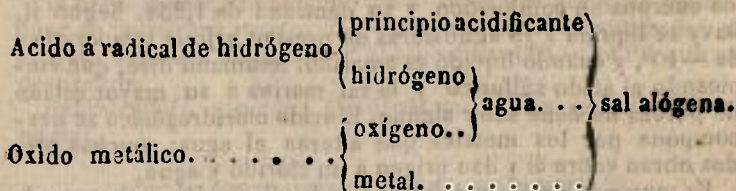
LECCION XVII.

Hidrócidos.

187. Los *hidrócidos* resultan de la combinación del hidrógeno con los metaloides muy negativos, como el fluor, el cloro, el bromo, el iodo, el azufre y el selenio. Estos compuestos con todos los caracteres propios á los ácidos oxigenados, se deno-

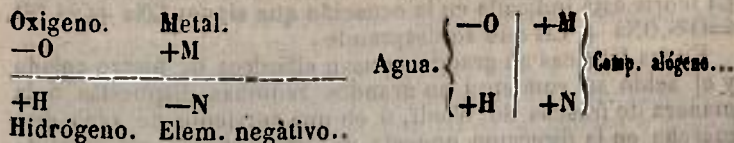
minaron *hidrácidos* porque se creyò que el hidrógeno era el principio acidificante; pero apenas se viò que este gas tiene propiedades positivas, siendo las del ácido constantemente negativas, se dió al hidrógeno funciones de radical, y por lo tanto el principio acidificante es el elemento negativo. La voz de *hidrácido* es inesacta.

188. Estos ácidos se descomponen así que se combinan con las bases, y dan origen á compuestos binarios. El principio negativo se une al metal para formar una clase de combinaciones llamadas por Berzélius *sales halidas ó halógenas*, y el positivo del ácido con el negativo del óxido dan nacimiento á agua. La reaccion puede representarse del modo siguiente:



Sin embargo, no se puede asegurar *a posteriori* si esta reaccion se verifica ó si toma nacimiento una sal con ácido hidrogenado y la base: razones hay para apoyar ambas opiniones.

189. Algunos químicos creen, que cuando un compuesto de los elementos negativos indicados y un metal, se trata por el agua, esta se descompone para formar una sal por la union de un ácido y una base; otros dicen que solo se nota una simple disolucion. Este último caso está admitido porque no se ve fenómeno alguno que indique la descomposicion del agua. Las siguientes fórmulas dan una idea de ambos casos:



Por consiguiente, los elementos no se alteran y solo puede variar el agrupamiento de sus átomos. En el dia se admiten ambas teorías que se aplican á determinados casos.

ACIDO CLORIDO HIDROGENICO, CH. *Equivalente 153,78*

190. *Historia.* Parece que este ácido fué conocido por Basilio Valentín: Glaubert en el siglo XVII le dió á conocer, Schéele y Lavoisier tuvieron de él ideas equivocadas, y Gay-Lussac y Thénard demostraron sus principios constitutivos: se le llamó *espíritu de sal marina, ácido muriático, ácido hidrolórico, ácido clorídrico* y atendidos sus elementos y la relacion eléctrica admito la voz de *ácido clorido hidrogénico* ó simplemente *cloridrogénico*.

191. *Propiedades.* Este ácido es gaseoso, sin color, de olor fuerte y picante, esparce en el aire un vapor blanco, apaga los cuerpos en combustion y su densidad de 1,254. Segun H. Davy se liquida á 18 atmósferas de presion bajo la temperatura de -10° , y cuando líquido es amarillo. Neumann dice, que empleando el ácido sulfúrico y la sal marina á su mayor estado de pureza no tiene color alguno. El ácido cloridrogénico se descompone por los metales que alteran el agua; muchos oxidos obran sobre él y dan origen á un clórico y agua,

Es muy soluble en este líquido, y la disolucion concentrada forma el ácido cloridrogénico del comercio. Este líquido cuando puro no tiene color y le caracterizan las mismas propiedades que al ácido gaseoso: su densidad es de 1,2109. El agua á la temperatura y presion ordinaria disuelve 480 veces su volúmen de este gas ácido; el que circula en el comercio tiene un tinte amarillo debido al clórico férrico disuelto. Consta de un equivalente de cloro y otro de hidrógeno CH.

192. *Preparacion.* El ácido cloridrogénico se prepara descomponiendo la sal comun por el ácido sulfúrico. En los laboratorios se emplea la sal desecada y el ácido concentrado, y la reaccion se verifica en una retorta de vidrio, y el gas se conduce á la cuba de mercurio ó en un aparato de Woolf, fig. 10. La teoria está indicada en la ecuacion que sigue: $\text{CNa} + \text{O}^3\text{S}, \text{OH} = \text{O}^3\text{S}, \text{ONa} + \text{CH}$ que se desprende.

En las fábricas en grande se usan cilindros de hierro colado y el ácido se condensa en grandes redomas dispuestas á la manera de frascos de Woolf, ó en una corriente de agua que marcha en la direccion opuesta del gas y recorre un canal de unos 400 metros.

Se emplea como reactivo, para preparar el agua rejia, varios clóricos, el cloro, etc.

ACIDO FLUÓRIDO HIDROGENICO, PH. Equivalente 247,935.

195. *Historia, propiedades y preparacion.* Este ácido fué indicado por Schéele y obtenido por primera vez por Gay-Lusac y Thénard: se le llamó *ácido fluórico*, pero mejor conocida su composicion se le denominó *ácido hidro fluórico*, *fluoridrico* ó *fluoridrogénico*.

Es sin color, muy corrosivo, espargie vapores densos al contacto del aire, y su densidad de 1,06. Tiene grande afinidad para con el agua, ataca y disuelve la sílice, se combina con muchos metales; sobre todo con la plata: solo el plomo resiste á su accion. Con el ácido bórico forma el *ácido fluórico bórico*.

Se prepara descomponiendo por el calor una parte de espato fluor en polvo por cuatro de ácido sulfúrico concentrado; el aparato debe ser de plomo. $P\ Cl + O^3S, OH = O^3S, OCl + PH$ que se desprende.

Debilitándolo con agua destilada se emplea para grabar el cristal.

ACIDO SULFIDO HIDROGENICO, SH. Equivalente 213.25.

194. *Historia, propiedades y preparacion.* Este cuerpo fué descubierto por Schéele, se ha llamado *aire hepático*, *hidrógeno sulfurado*, *ácido hidrosulfúrico*, *ácido sulfúrico* y *ácido sulfido hidrogénico*.

Es gaseoso, sin color, de olor desagradable parecido al de los huevos podridos, se inflama al contacto del aire y de una bujía, y su densidad de 1,191. Apaga á los cuerpos en combustion, es impropio para la respiracion y obra como un veneno activo. Varios metaloides se descomponen con la intervencion del calor, los metales se apoderan del azufre y dejan desprender el hidrógeno, se liquida á la temperatura ordinaria bajo 17 atmósferas de presion, y se solidifica á -85° . El agua disuelve á 10° tres veces su volumen y la disolucion es un escelente reactivo, porque descompone las sales metálicas.

El ácido sulfidrogénico se encuentra libre y combinado con algunas bases térreas y constitúye las aguas llamadas hidro-sulfurosas. Las de la Puda en Cataluña, las de Carratraca ó Ardales cerca de Málaga, las de Zujar en Granada, las de Frailes en Jaén, son notables por sus efectos terapéuticos. Su concentracion se demuestra con el sulfidrómetro de Dupasquier.

Para preparar este ácido se descompone el sulfido de hierro artificial por el ácido sulfúrico á 50° B. $SFe + O^3S2OH = O^3S, OH, OFe + SH$.

Empleando el sulfido de antimonio y el ácido clórico-hidrogénico, se tendrá; $S^3Sb + 3CH = C^5Sb + 3SH$.

Este cuerpo se emplea como reactivo, para algunas operaciones de tintorería, y en medicina para combatir las enfermedades de la piel.

Metales y compuestos metálicos.

LECCION XVIII.

Generalidades de los metales y de las aleaciones.

195. *Historia.* La historia de los metales abraza tres periodos. El primero comprende desde los primitivos tiempos hasta los alquimistas: en ella se vé que algunos metales se conocen desde la antigüedad mas remota, como se prueba por los libros sagrados. El segundo período cuenta una época de fanatismo, en la que algunos ilusos guiados por un principio filosófico *a priori* querian trastornar el orden de la naturaleza, buscando la piedra filosofal, ó el arte de trasformar los metales imperfectos á metales perfectos. Y la tercera época tiene por objeto presentar los descubrimientos de la química moderna. Bergman, Sthål, Schéele y otros sabios guiados por la observación y la experiencia comenzaron á establecer una teoría, Lavoisier sentó las bases de la química neumática, que otros profesores contemporáneos han elevado á su mayor desarrollo, y de sus investigaciones han resultado haber descubierto el mayor número de las sustancias metálicas.

196. *Definicion.* Los metales son aquellos cuerpos simples que conducen bien los fluidos eléctrico y calórico, opacos cuando se encuentran en masa, transparentes si están en hojas de algunos centésimos de línea de espesor, dotados de brillantez metá-

lica y combinados con un equivalente de oxígeno dan por resultado cuerpos básicos.

197. *Propiedades físicas.* Todos los metales á la temperatura y presión ordinaria son sólidos, menos el mercurio que se presenta á este estado á -40° . Tienen brillantéz en virtud de su opacidad natural, su color varia desde el blanco puro hasta el gris, algunos son amarillos ú rojos, como el oro, el cobre y el titano. Todos pueden cristalizar, por medio de la fusión ó por una corriente eléctrica poco intensa. Algunos son mas ligeros que el agua destilada, como el potasio y el sodio, y otros son hasta 21 vez mas pesados que este líquido, como el platino.

Entre los metales unos son *maleables* ó resisten á la acción del martillo, otros son *dúctiles* y se dejan reducir á hilos por la hilera, y muchos son quebradizos reduciéndose á polvo por una fuerza mecánica. Los metales dúctiles son *tenaces*, y esta facultad es tanto mayor, cuanto mas peso puede sostener sin romperse un hilo de un diámetro dado: el hierro es entre todos el mas tenaz. La *dureza* es variable para cada metal; así se nota que unos como el potasio son blandos como la cera, otros como el plomo se dejan rayar por la uña y los hay que resisten á los mayores esfuerzos, como el cromo y el manganeso. Su testura es variable, y puede ser laminosa como el zinc, ó á grandes granos como el hierro.

En física se admite que una sustancia tiene olor y sabor siempre que es volátil ó soluble; pero hay metales que tienen estas cualidades sin que á la temperatura ordinaria se volatilicen ni se disuelvan en vehículo alguno: el hierro, el estaño y el cobre tienen un olor y sabor particular, que se hace mas perceptible con el frote.

Todos los metales son *buenos conductores* del calor; pero esta acción se limita ante todo á dilatarlos; el plomo y el zinc son los mas dilatables. Pero cuando la intensidad del calor puede romper la cohesión, el metal se liquida y se dice que ha fundido. La temperatura á que funde cada metal es variable; así es que el mercurio funde á -39° , el potasio á $+57^{\circ}$ y el cobre á 27° del pirómetro de W. El platino, el rodio, etc. necesitan del calor de la combustión del hidrógeno, y algunos son infundibles por los medios ordinarios; pero ninguno resiste á la acción de una corriente eléctrica. Muchos metales se reducen á vapor, el mercurio, el zinc, el cobre, etc. están en este caso. El hierro, el níquel, el cobalto y el cromo son atraídos por el iman, el manganeso goza de esta propiedad á -20° .

198. *Propiedades químicas.* El oxígeno perfectamente puro á la temperatura y presión ordinaria se combina con el potasio; pero cuando interviene el calor ó el agua, se une con muchos metales y los oxida. Algunos como el oro, el platino, etc. no se oxidan á ninguna circunstancia. El aire obra del mismo modo que este gas, pero con menos intensidad, y muchos de los óxidos que se forman pasan al estado de carbonato, combinándose con el ácido carbónico del aire.

Los metaloides mas electro-negativos se combinan con los metales á la temperatura ordinaria, y en algunos casos con el ayuda de un calor moderado; pero el carbono, el silicio, el boro, el nitrógeno y el hidrógeno necesitan de una reacción complicada ó de un calor fuerte aplicado por mucho tiempo. Los metales atacan á los óxidos y los descomponen: esta reacción tiene lugar en unos casos á la temperatura ordinaria, y en otros con el ayuda del calor. La acción de los metales sobre los ácidos se halla favorecida con frecuencia por el agua; del mismo modo el agua se descompone por varios metales, y esta descomposición es mas activa cuando interviene la presencia de un ácido.

199. *Estado natural y estracción.* Los metales se hallan en la naturaleza: 1.º al estado nativo ó *virgenes*; 2.º combinados con uno ó mas cuerpos metaloides; 3.º al estado de sales.

La estracción varía para cada uno y los sistemas de fundición sufren grandes modificaciones segun la pureza del mineral, clase de combustible, máquina soplante y situación topográfica. En general la estracción por vía ígnea está fundada en la descomposición de un óxido por el calor y el hidrógeno carbonado, y en algunos casos por el calor y el carbono. El oro y la plata se extraen por amalgamación, y el cobre, la plata y algunos otros por *cementación*.

Los criaderos (voz admitida como técnica) metálicos están en filones, venas, vetas, agujas, masa, capas, bolsadas, nidos, riñones ó geodas, granos, stockwerk, pajas y cristales.

200. *Clasificación.* Ténard divide los metales en seis secciones segun su mayor ó menor fuerza de combinación para con el oxígeno, y su tendencia á descomponer el agua: de este estudio resultan seis secciones que últimamente ha modificado M. Regnault.

201. PRIMERA SECCION. Constan de aquellos metales que absorben el oxígeno del aire á todas temperaturas, y descomponen el agua en iguales circunstancias, dando origen á un desprendimiento de hidrógeno: estos son, el potasio, sodio, litio, bario,

estroncio y calcio. Los tres primeros se llaman alcalinos, y los otros tres alcalino-térreos.

202. SEGUNDA SECCIÓN. Comprende los metales que absorben el oxígeno del aire á una temperatura elevada, sus óxidos no pueden descomponerse por el calor y descomponen el agua cuando menos á $+50^{\circ}$. Son el magnesio, manganeso y aluminio. A esta seccion corresponden los siguientes; glucinio, circonio, itrio, torinio, cerio, lantano, didimio, érbio, tèrbio, y donio.

203. TERCERA SECCION. Esta seccion contiene todos los metales que absorben el oxígeno del aire al calor rojo, sus óxidos no se descomponen por la sola accion del calor y para descomponer el agua necesitan una temperatura superior á 100° inferior al rojo cerezo. Además tienen la propiedad de descomponer el agua á la temperatura ordinaria, bajo la presencia de los ácidos fuertes: estos son, el hierro, níquel, cobalto, cromo, vanadio, zinc, cádmio y urano.

204. CUARTA SECCION. Constan de los metales que absorben el oxígeno del aire al calor rojo y sus óxidos se descomponen por la accion de este agente; pero pueden absorber el oxígeno del vapor de agua por el influjo del calor rojo cerezo, mientras que el agua no se altera cuando interviene un ácido fuerte. Su tendencia es la de formar con el oxígeno óxidos ácidos, por cuya razon pueden descomponer el agua en presencia de una base poderosa como la potasa, y son; el tungsteno, molibdeno, osmio, colombio, titano, estaño y antimonio. A esta seccion debenn probablemente añadirse el niobio, ilmenio y pelopio.

205. QUINTA SECCION. Se compone de aquellos metales que absorben el oxígeno al calor rojo, sus óxidos no se descomponen por la accion de este agente, descomponen el agua debilmente á una temperatura muy elevada; pero no la alteran por la influencia de los ácidos fuertes, ni por la de las bases poderosas. Estos son, el cobre, plomo y bismuto.

206. SEXTA SECCIÓN. Finalmente la sesta seccion abraza aquellos metales cuyos óxidos se reducen por la accion de un calor adecuado, y no descomponen el agua á ninguna circunstancia; y son, el mercurio, plata, rodio, iridio, paladio, platino, rutenio y oro.

Los metales tienen infinitos usos que daremos á conocer en su historia particular.

ALIGACIONES.

207. Las combinaciones que forman los metales cuando se verifican bajo las leyes de las proporciones múltiples, fueron confundidas con las simples mezclas con el nombre común de aligaciones ó aleaciones. Este nombre apesar de su inesactitud no era tan general que abrazase todas sus acepciones, y fué preciso admitir el de amalgama para indicar las mezclas y combinaciones que tenían mercurio. Desde luego se nota una diferencia real en los compuestos metálicos; porque ya se consideren como combinaciones efectivas, ya sean simples mezclas, ó se crea que es una combinación disuelta en un metal, no se han dado reglas para calificarlas y sus denominaciones parece que deben sujetarse á los principios generales de la ciencia. La palabra aligacion ó aleacion ha de usarse para dar á conocer una simple mezcla, la de amalgama debe desecharse de todo sistema científico, y las verdaderas combinaciones metálicas se nombrarán segun los principios de la nomenclatura.

208. La densidad de estos compuestos no es igual á la suma de las densidades de los compuestos; tienen propiedades diferentes que los metales que la forman; así se vé que varia el color, y su punto de fusibilidad, la dureza y ductilidad tambien son diferentes. Son sólidos, menos en aquellos que predomina el mercurio, y cuando resultan de tres partes de potasio y una de sodio. Son brillantes ó opacos y buenos conductores del calórico y el eléctrico. Suele ser mas fusibles que el metal menos fusible que forma parte, y por esta razon constituyen las soldaduras.

La accion de los metaloides depende de los metales que los componen, y en ello se fundan operaciones de grande importancia. Tal sucede con la accion del oxígeno á una temperatura elevada sobre la aleacion de plomo y plata, de la que depende la copelacion.

Algunas aleaciones se encuentran en la naturaleza; pero las mas son producto del arte: sus usos son de grande importancia para la industria.

LECCION XIX.

Generalidades de los óxidos metálicos.

209. HISTORIA. Los antiguos daban á los óxidos el nombre de *sales metálicas*, llamando *álcalis* á los que provenían de los metales alcalinos, y *tierras* á los de los metales *térreos*. Lavoisier indicó su composición y Davy, Berzelius y otros químicos han completado su estudio.

210. DEFINICION. Los óxidos metálicos son aquellos cuerpos binarios que resultan de la combinación del oxígeno con los metales.

CLASIFICACION. Estos compuestos se dividen en cinco clases: 1.^a óxidos básicos; 2.^a óxidos ácidos; 3.^a óxidos indiferentes; 4.^a óxidos singulares; y 5.^a óxidos salinos.

Los *óxidos básicos* son los que se combinan con los ácidos para neutralizarse recíprocamente; en general están formados de un equivalente de oxígeno y otro de metal; como OK óxido de potasio, etc.

Los *óxidos ácidos* son los que tienen un exeso de oxígeno, y pueden combinarse con las bases para formar sales; pero no contraen union con los ácidos: O^5Mn_2 peróxido de manganeso, es un óxido ácido.

Los llamados indiferentes son aquellos que se presentan como ácidos con las bases, y como bases con los ácidos enérgicos; como el óxido de manganeso O^3Mn_2 .

Los *óxidos singulares* son los que no se combinan con los ácidos ni con las bases; como el óxido de cobre O^2Cu , etc.

Los *óxidos salinos* tienen tal composición que puede representarse por un óxido ácido unido á otro básico; como $\text{O}^5\text{Fe} + \text{OFe}$ que es el óxido de hierro magnético.

211. *Propiedades físicas*. Todos los óxidos son sólidos á la temperatura ordinaria, quebradizos, sin olor ni sabor, menos los óxidos de los metales de la primera sección, el de osmio, y otros que son solubles en el agua. En general no tienen color, pero muchos presentan matices variados que permiten distinguirlos; son mas pesados que el agua, menos que el metal que le sirve de base, exceptuando los óxidos de potasio y sodio.

El calor no altera los de los metales de la primera y segunda seccion, menos los de potasa, sosa y litina que se trasforman en carbonatos, cuando no es muy intenso y están al contacto del aire: los de la tercera, cuarta y quinta seccion, pierden una parte de oxígeno si están al estado de sobre óxidos, sin que puedan reducirse los metales; y los de la sesta se descomponen aislándose el metal. Los óxidos son fijos; el calor solo volatiliza el de osmio; sin embargo, algunos como el de zinc adquieren el estado de vapor bajo una corriente de una sustancia gaseosa. El punto de fusion en casi todos los óxidos es á una temperatura muy elevada.

El fluido eléctrico reduce los óxidos metálicos, menos los térreos. La virtud eléctrica de un óxido depende del número de equivalentes de oxígeno; el fluido magnético atrae los óxidos de hierro al primer y segundo grado de oxidacion.

212. *Propiedades químicas.* La accion de los cuerpos metaloides sobre los óxidos metálicos, es diferente segun la naturaleza del cuerpo negativo, y la seccion á que pertenece el metal del óxido. El oxígeno ayudado de un calor conveniente, se combina con algunos protóxidos para sobre oxidarlos, como sucede con los protóxidos de hierro, plomo, etc. y aun los de potasio y bario. Otros al contacto del aire absorben el ácido carbónico y se trasforman en carbonatos, como los óxidos de calcio, potasio, sodio, litio, etc.

La accion del cloro se puede presentar de tres modos: 1.º si el óxido se halla disuelto ó desleído en agua, se forma una sal poco soluble y otro cuerpo binario muy soluble; como $60K+6C=O^5C, OK+5CK$. 2.º Si el cloro y el oxígeno están secos, se forma un clorido metálico, y se desprende oxígeno, como $OCl+C=CCl+O$. 3.º Si el óxido se halla combinado con el cloro, ó este cuerpo está al estado de ácido hypo-cloroso, la accion del calor desaloja el oxígeno y el cloro se combina con el metal; así se vé, $OC, OCl=CCl+2O$.

El bromo y el iodo obran de un modo análogo al cloro. El azufre con la influencia del calor forma sulfidos; pero con los óxidos de la primera seccion y con los de la sesta se obtiene un sulfato ó una mezcla de sulfido y sulfato. La accion del fósforo es mas general, porque con el ayuda de un calor elevado se consigue un fosfato, un fosfuro, y en algunos casos un fosfito.

El carbon á una temperatura mas ó menos elevada descompone á los óxidos de las cuatro últimas secciones; otro tanto su-

cede con los carburos hidrogenados. El hidrógeno tiene igual propiedad, y por ella se preparan los metales á su mayor estado de pureza.

El agua se descompone por varios protóxidos, como sucede con los de hierro, estaño, etc. si se ayuda su accion por el calor. Se combina tambien con muchos óxidos y forma los *hidratos* en los que ejerce funciones negativas. Los metales obran sobre los óxidos por el intermedio del calor, y el óxido puede reducirse oxidando al nuevo metal, puede formarse una aligacion, el óxido podrá ceder una parte de su oxígeno, ó los dos óxidos se combinarán. Estos diversos fenómenos dependen del grado de oxidacion del óxido, de la seccion á que pertenece el radical, de las propiedades del metal y de la intensidad del calor.

213. *Estado natural y obtencion.* La naturaleza nos presenta pocos óxidos puros; casi siempre van acompañados de sustancias térreas: el arte los prepara; 1.º calcinando el metal en contacto del oxígeno puro ó del aire; 2.º descomponiendo una sal soluble por la potasa, sosa ó amoniaco; 3.º descomponiendo un carbonato por el calor, menos los de potasa, sosa ó litinia; 4.º descomponiendo un nitrato por el calor, menos los de las bases indicadas; 5.º descomponiendo algunos cromatos por el calor; 6.º tratando el ácido nítrico por un metal; y 7.º sobre oxidando los protóxidos por el agua oxigenada.

GENERALIDADES DE LOS CLÓRIDOS METÁLICOS.

214. *Definicion.* Se llaman *clóridos* ó *cloruros* metálicos, á los compuestos binarios que resultan de la union del cloro con los metales.

215. *Clasificacion y propiedades.* Estos productos han sido considerados como verdaderas sales, dándoles el nombre de *sales halógenas* ó *haloides*. Nosotros por ahora admitimos los clóridos como compuestos binarios porque no están comprendidos en la definicion que acerca de las sales daremos en otro lugar (220).

Los clóridos se dividen en indiferentes, salinos, básicos y ácidos.

El calor obra sobre los clóridos segun su intensidad y la naturaleza del metal que les sirve de base; en general solo se descomponen algunos de la última seccion, y este fenómeno es mas intenso cuando interviene el oxígeno y el ácido cloridrogénico. Algunos clóridos funden, otros se presentan líquidos á la tem-

peratura ordinaria y muchos se volatilizan. La luz altera á varios de ellos, y en algunos casos llega á reducirlos: el bromo, el iodo, el azufre, el fósforo, el selenio y el hidrógeno, descomponen á los clóridos metálicos segun las circunstancias: el carbono, el boro, el sílico y el nitrógeno no tiene accion sobre ellos.

El ácido sulfúrico los descompone, el nítrico con el ayuda del calor da agua regia y el ácido sulfidrogénico obra sobre los que están disueltos en agua como si fuesen verdaderas sales. Todos ellos son solubles en agua, menos el de plata y el de protóxido de mercurio.

216. *Preparacion.* Los clóridos se preparan; 1.º combinando el cloro con el metal; 2.º por la accion del cloro sobre algunos óxidos; 3.º por la accion recíproca del cloro, los óxidos metálicos y el carbon; 4.º por la accion de algunos metales sobre el ácido cloridrogénico; 5.º por la descomposicion de los sulfuros de las primeras secciones por el ácido cloridrogénico; y 6.º por la descomposicion recíproca del ácido cloridrogénico y un óxido.

GENERALIDADES SOBRE LOS SÚLFIDOS METÁLICOS,

1

217. *Definicion.* Los compuestos que resultan de la union de azufre con los metales, se llaman *sulfidos* ó sulfuros metálicos. Esta clase de cuerpos se designan por el número de equivalentes de azufre que contienen.

118. *Propiedades.* El calor reduce los de oro y platino, y no altera á los mono sulfidos; pero los persulfidos dejan desprender una parte de azufre. El oxígeno muy seco los trasforma en sulfatos, en óxidos, en oxi-sulfidos ó al estado metálico, acidificando el azufre: estas diferentes reacciones dependen de la naturaleza del sulfido y de las circunstancias á que se espusieron durante su mútua accion. El agua complica estos fenómenos.

Los sulfidos se combinan entre sí y forman sulfidos dobles, que pueden considerarse como sales. Los mono sulfidos alcalinos son solubles en el agua, y su reaccion con las sales de los metales de las cuatro últimas secciones, dán precipitados característicos, que sirven para reconocerlas en los análisis.

219. *Preparacion.* Los sulfidos se preparan; 1.º descomponiendo los sulfatos por el calor; 2.º descomponiendo los óxidos por el ácido sulfidrogénico; 3.º combinando el azufre con el metal; 4.º fundiendo un óxido alcalino ó un carbonato alcalino con un escese de azufre.

LECCION XX.

Generalidades de las sales.--Caracteres de los géneros á que corresponden las de mayor uso.

220. *Definicion.* Los antiguos dieron el nombre de *sal* á todos los cuerpos que tenian propiedades parecidas á la *sal comun*; mas tarde se quiso amplificar esta definicion, añadiendo que las sales eran solubles en agua, y podian cristalizar; pero en la reforma de la nomenclatura química se conoció con la denominacion de *sal* á los compuestos que resultaban de la union de un ácido con una base salificable. Estas definiciones no pueden admitirse al estado ha que ha alcanzado la ciencia; de suerte que las sales pueden definirse, por aquellos compuestos, que resultan de la union de dos ó mas cuerpos ya compuestos, y en los que se han neutralizado sus propiedades electro-químicas mas ó menos reciprocamente.

221. Mr. Berzélius admite sales formadas de dos elementos, á las que dà el nombre de *sales haloides* ó *halógenas*: estas provienen de la union del cloro, el bromo, el iodo, el fluor, el azufre y el cianógeno con algun metal. Como estos metaloides producen compuestos dotados de propiedades físicas análogas á las sales propiamente dichas, creyó que para distinguirlos de estas, se les debía designar con una voz tomada del griego, la cual significa *generadores de sales*; tal es la etimologia de la palabra *halógena* ó *haloide*. Sin embargo, en las combinaciones del cloro, del azufre, etc. con los metales, se vé que aquellos en los que hay un equivalente del metaloide, tienen tendencias básicas, y por lo tanto son susceptibles de combinarse con los que tienen varios equivalentes de dicho metaloide, constituyendo una *sal* definida, en la que hay un ácido y una base. Véanse pues por esta sencilla indicacion, como los cuerpos llamados halógenos obran lo mismo que el oxígeno; esto es, dando compuestos de virtudes electro-positivas y electro-negativas.

El mismo químico llama *sales ánfidas* aquellas que tienen un ácido oxigenado, y en esta seccion entran las del selenio y del telurio. Nótese aunque de paso, que las propiedades ácidas van

siempre unidas á un esceso del elemento negativo, y las de base cuando sobre salen las virtudes del metal; de suerte, que tomándola voz sal como una voz genérica y en su verdadera acepcion quimica será una palabra destinada á dar á conocer cuerpos de complicada composicion.

222. *Division de las sales.* Las sales se dividen en *sales ácidas*, ó sobre sales; *sales básicas*, ó subsales y *sales neutras*, segun las cantidades respectivas de ácido y de base que contienen.

EQ. DE BASE.	EQ. DE ÁCIDO.	NOMBRE DE LA SAL.
3	1	Sal tribásica,
2	1	Sal bi-básica,
3	2	Sal sesqui-básica,
1	1	Sal neutra,
2	3	Sesqui-sal,
1	2	Bi-sal,
1	3	Tri-sal.

Estos nombres que representan la composicion de la sal y sus funciones quimicas, arreglados á las cantidades de los elementos que las constituyen, no son admisibles sino para aquellos ácidos que se saturan por un equivalente de base y forman sales neutras; es decir, para los ácidos mono-básicos. Un ácido bi-básico unido á un equivalente de base dará una sal ácida, mientras que por su composicion debe ser neutra. Importa mucho conocer el poder ácido de los compuestos de esta clase, así como las virtudes básicas de los óxidos; sin su conocimiento no pueden clasificarse las sales.

223. Las sales se dividen en *géneros y especies*; géneros respecto del ácido, y especie por lo que toca á la base: el ácido sulfúrico forma el género sulfatos, el sulfuroso el género sulfitos: las sales á base de óxido de hierro, pertenecen á la especie ferruginosa, las de óxido de plata á la argéntica, etc.

224. *Propiedades físicas.* Todas las sales, y en general las que están formadas de un ácido y una base bien definidos, son sólidas á la temperatura y presion ordinaria, menos el fluoborato de amoniaco básico; capaces de cristalizar, en formas diferentes segun la naturaleza de los compuestos: sólo dos se volatilizan á la presion ordinaria, que son el carbonato de amoniaco, y el fluo-borato de esta base. El color depende del óxi-

do, pocas veces del ácido; el sabor varia con su mayor ó menor solubilidad en el agua, y la de los compuestos que las forman; son mas pesadas que el agua destilada, pero esta densidad no es proporcional á la de los componentes.

Las sales siempre que se esponen á la accion del calor funden en su agua de cristalización ó decrepitan: en el primer caso experimentan la *fusion acuosa*, y en el segundo entran en licuacion consigo mismo y sufren la *fusion ignea*; algunas antes de llegar á este punto, se descomponen. Las sales se descomponen por una corriente eléctrica; el ácido se vá al reóforo positivo y la base al negativo; pero si la accion de la pila es fuerte ó prolongada se obtienen nuevos productos. El nombre genérico de estos compuestos proviene del ácido ó principio electro-negativo: las que el elemento acidificante es el oxígeno se llaman *oxi-sales*, si es el cloro *cloro-sales*, si el bromo, *bromo-sales*, cuando el azufre *sulfo-sales*, etc.

225. *Propiedades químicas.* El hidrógeno, el boro, el carbono, el fósforo y el azufre obran sobre las sales de diverso modo, segun su naturaleza, la cantidad del metaloide y la temperatura á que se verifica la reaccion: El cloro reoxígena las que tienen por base un protóxido, y es de suponer que el bromo y el iodo obrarán de un modo análogo: el nitrógeno no tiene accion sobre ellas.

Los metales de las dos primeras secciones obran sobre las sales con energia, cuya accion es debida á la fuerza de combinacion del oxígeno del agua de la sal y el metal: en las sales solubles de las cuatro últimas secciones la descomposicion tiene lugar cuando el metal precipitante tiene mayor fuerza de combinacion para con el oxígeno de la base, que el metal que la constituye: en esta propiedad se funda la *cementacion*. El árbol de Diana, el de Saturno, etc. es la plata ó el plomo precipitados por el mercurio ó el zinc.

226. Las sales se disuelven unas en el agua, y otras son sensiblemente insolubles. Las primeras absorben calor durante la disolucion siempre que tienen la cantidad de agua propia á su constitucion, al paso que desprenden calor cuando carecen de este requisito, porque se combinan con una parte de liquido antes de disolverse. En las sales se halla el *agua de cristalización*, y el *agua interpuesta*: la primera está químicamente combinada, es peculiar á la naturaleza de la sal y en ella se verifica la *fusion acuosa*. La segunda está saturada de partículas salinas, y se halla como encadenada entre las láminas del cristal: á su evapo-

racion se debela *decrepitation*. Las mezclas *frigorificas* se consiguen disolviendo una sal en agua ó en nieve, procurando que la disolucion sea pronta y completa. Algunas sales absorben la humedad del aire y se llaman *deliquescentes*, y otras abandonan una parte del agua que contienen, se reducen à polvo, y se denominan *efflorescentes*.

227. *Estado natural y preparacion*. En la naturaleza se encuentran unas 72 sales, muchas à su mayor estado de pureza y algunas disueltas en el agua.

La mayor parte se preparan: 1.º tratando las bases por los ácidos; 2.º descomponiendo los carbonatos por un ácido fuerte, ayudando en algunos casos la accion por el calor; 3.º haciendo obrar sobre un ácido puro ó acuoso un metal; 4.º por la reciproca accion de los sulfidos metálicos en contacto del aire y la humedad; 5.º para las sales básicas se vierte en una disolucion salina, potasa ó sosa; y 6.º para las sales insolubles por medio de dobles descomposiciones.

228. *Composicion y usos*. Todas las sales de un mismo género en igual estado de saturacion, están compuestas de modo que el oxígeno del ácido es un múltiplo del de la base; así el ácido sulfúrico O^5S constituye sulfatos neutros con un equivalente de base que tiene un equivalente de oxígeno; como O^3S , OK; luego la relacion del oxígeno del ácido al de la base es de 3 : 1. En los nitratos se halla de 5 : 1, etc.

Las sales tienen infinitas aplicaciones en las artes y en la medicina, que no es posible indicar.

NITRATOS.

229. En los nitratos neutros el oxígeno el ácido es al de la base :: 5 : 1.

Todos los nitratos se descomponen por la accion del calor; los de potasa, sôsa y litina dejan por residuo un carbonato, los demás dan un óxido, menos los de la última seccion que se obtiene el metal. En unos el ácido nítrico se descompone en gas nitroso que se desprende, otros abandonan algun oxígeno, y los hay que el ácido pasa por destilacion: estas alteraciones provienen casi siempre de la intensidad del calor y de la seccion á que pertenece el metal.

El hidrógeno por medio del calor descompone los nitratos: el boro en algunos casos reemplaza al nitrógeno; el carbono y

el fósforo tienen igual propiedad; y el azufre tambien reacciona sobre ellos. Estas acciones tienen lugar con la intervencion del calor. El iodo, el cloro y el nitrógeno no los alteran.

Los metales que á una temperatura elevada se combinan con el oxígeno, descomponen los nitratos. Los ácidos sulfúrico, fosfórico, arsénico, cloridrogénico y fluoridrogénico ayudados por el fluido calórico desalojan el ácido nítrico y ocupan su lugar.

Todos los nitratos son solubles en el agua. En la naturaleza se encuentran los de cal, de potasa, de sosa, y de magnesia. El arte los prepara purificando los naturales, combinando el ácido con la base, haciendo obrar el metal sobre el ácido, y descomponiendo los carbonatos por el ácido nítrico.

CLORATOS.

230. Este género de sales fué descubierto por Berthollet en 1786, y estudiado por Chenevix, Vanquelin y Gay-Lussac. Todos los cloratos se descomponen por la accion del calor y de los cuerpos oxigenables con la intervencion de este fluido; algunos verifican esta reaccion á la temperatura ordinaria ó por un ligero choque.

El cloro, el iodo, el nitrógeno y algunos metales de la última seccion no alteran los cloratos. La propiedad característica de ellos de descomponerse con tanta facilidad, dió origen á las *pólvoras fulminantes* que mas tarde se desecharon.

Todos los cloratos son algo solubles en el agua, menos el de protóxido de mercurio, y estas disoluciones no presentan precipitado con el nitrato de plata. Los ácidos fuertes los descomponen y los resultados de la reaccion dependen de la naturaleza del ácido, y del modo como se practica; su composicion en los cloratos neutros guarda la relacion de 3 : 1, y para obtenerlos se hace pasar una corriente de cloro en la disolucion de una base salificable, ó combinando el ácido clórico con las bases.

CLORITOS.

231. Estas sales resultan de la union del ácido cloroso con las bases salificables. Están formadas de modo que el oxígeno del ácido es al de la base, cuando neutros :: 3 : 1. El olor y sabor son parecidos al ácido cloroso, el calor los descompone, los ácidos fuertes tambien, destruyen las sustancias colorantes vegetales, por cuya razon se usan para el blanqueo y para de-

sinfestar el aire. Los cloritos cuya accion sobre las sustancias orgánicas es de alguna importancia, parece que van mezclados de clóridos (cloruros), porque segun opinan algunos quimicos los cloritos perfectamente puros no tienen accion sobre dichos cuerpos colorantes.

HYPO-CLORITOS.

232. Ademas se conoce el género *hypo cloritos*, en el que la cantidad de oxígeno del óxido es al que tiene el ácido, ::1: 1. Así como los cloritos conservan la propiedad de blanquear aun cuando se les incorpore una disolucion de ácido arsenioso, los hypo-cloritos la pierden: en esta propiedad puede fundarse su reconocimiento, siendo de notar en este caso, que el ácido arsenioso se convierte en ácido arsénico, y se forma ácido cloridrogénico.

SULFATOS.

263. La relacion del oxígeno del ácido al de la base en los sulfatos neutros es :: 3 : 1. Todos ellos se descomponen por la accion del calor, menos los de los óxidos de la primera seccion y el de magnesia de la segunda. Durante esta accion se desprende ácido sulfuroso y la base suele pasar á mayor grado de oxidacion. Mas si el óxido pertenece á la última serie, se descompone y se obtiene el metal. Apenas un sulfato se espona á la influencia del calor, se observan tres cosas: 1.ª la sal se funde en su agua de cristalización; 2.ª si la intensidad del agente imponderado continúa experimenta la fusion ignea; y 3.ª se desprende en muchos casos ácido sulfúrico anidro.

El carbono y el hidrógeno descomponen los sulfatos, y los productos son diferentes segun el metal del óxido. Es probable que el fósforo y el boro bajo la influencia del calor, descompongan tambien á muchos sulfatos. El azufre, el cloro y el iodo, alteran los que no resisten á un calor elevado: el nitrógeno no tiene accion sobre ellos.

El potasio y el sodio, con ayuda del calor, descomponen todos los sulfatos. Algunos son muy solubles en el agua, y otros insolubles; el alcohol no disuelve á ninguno.

En la naturaleza se hallan 23 especies, y algunas en su mayor pureza. El arte los prepara: 1.º combinando el ácido sulfúrico

con las bases: 2.º tratando el ácido por un metal con el intermedio del agua, ó sin este ajuste, y ayudando la accion por el calor; y 3.º por reciproca descomposicion.

SULFITOS.

234. En los sulfitos neutros el oxígeno del ácido es al de la base :: 2 : 1. Cuando se esponen á la accion del calor los de la primera seccion y el de magnesia de la segunda se convierten en sulfatos; los demás se descomponen dando por residuo el óxido ó el metal. El oxígeno los convierte en sulfatos; los ácidos fuertes desprenden el ácido sulfuroso; pero el ácido nítrico lo reoxigena y transforma el sulfito en sulfato. Algunos se disuelven en el agua, y se descomponen por los ácidos grasos; por cuya razon se emplean para quitar estas manchas. Se preparan descomponiendo los carbonatos solubles por el ácido sulfuroso, ó por dobles descomposiciones.

CARBONATOS.

235. En este género de sales el oxígeno del ácido, cuando neutras, es al de la base :: 2 : 1. Todos se descomponen por el calor, menos el de potasa, sosa y litina, y el resultado es un óxido ó un metal desprendiéndose el ácido carbónico. Un calor muy intenso sin el contacto del aire convierte en óxidos los tres carbonatos indicados. Sucede aunque pocas veces, que el ácido carbónico se descompone, y la base se reoxida, desprendiéndose óxido de carbono.

Los carbonatos de potasa, sosa y litina que el calor no pudo descomponer, se reducen cuando interviene el vapor de agua. El fósforo, el carbono, el boro y el hidrógeno descomponen á este género de sales, y sobre todo á las que á una temperatura rojo-oscura no se alteran. El cloro con el intermedio del agua obra como si su accion tuviese lugar con las bases de los carbonatos.

Todos los carbonatos son insolubles en el agua menos los de potasa, sosa y litina; algunos como el de cal, el de barita, y el de hierro, pueden disolverse cuando tienen un exceso de ácido. Los ácidos libres ó disueltos, sin esceptuar á muchos del reino orgánico, descomponen los carbonatos con efervescencia: el ácido carbónico se desprende.

En la naturaleza se hallan 12 carbonatos. Muchos como los de cal, de cal y magnesia constituyen montañas de consideracion. Algunos tienen en las artes y en la medicina grandes aplicaciones, porque sirven para obtener las cales, forman los mármoles, las gredas, alabastros, etc.: los de hierro, cobre y zinc se benefician; con los de barita se obtienen reactivos preciosos, y los de magnesia, plomo y otros hallan aplicaciones importantes. Se obtienen directamente, purificando los que se encuentran en la naturaleza ó por dobles descomposiciones,

BORATOS.

236. En los boratos, cuando neutros, el oxígeno del ácido es al de la base :: 6 : 1. El calor no los altera; pero si en su accion interviene algun cuerpo oxigenable, el borato se descompone y el ácido llega à reducirse à sus principios segun sea el agente auxiliar. Un fenómeno semejante se verifica en los boratos cuando se esponen á la accion del calor bajo la influencia de los ácidos fuertes.

Los boratos alcalinos son solubles en agua y se descomponen por los ácidos sulfúrico, nítrico y cloridrogénico, en cuya reaccion se aísla el ácido bórico. Se preparan directamente los de sosa y de potasa aprovechando el ácido natural, y los demás por reciproca descomposicion.

SILICATOS.

237. El oxígeno del ácido en los silicatos neutros, es al de la base :: 3 : 1. Los silicatos son todos fundibles y con dificultad se descomponen. Sin embargo, fundiéndolos en un crisol de plata con cuatro veces su peso de potasa ó sosa, forman un silicato de la nueva base. Todos son insolubles en el agua, menos los de potasa y sosa al estado de sales básicas. Se encuentran en la naturaleza con abundancia, y el arte los prepara por medio del calor.

LECCON XXI.

Potasio.--Hidrato de protóxido de potasio.--Caracteres distintivos de las sales de potasa--Nitrato y carbonato de potasa.

POTASIO, K. Equivalente 488,836.

238. *Historia y propiedades.* Este metal fué descubierto en 1807 por H. Davy, y estudiado por Gay-Lussac y Thenard.

Es sólido á la temperatura ordinaria, de color blanco y brillante como la plata mate, el aire lo empaña y adquiere un viso azulado. Es blando como la cera, de 0,865 de densidad, buen conductor del calórico y de la electricidad, funde á $+58^{\circ}$, se volatiliza al calor rojo naciente, y su vapor en atmósfera de nitrógeno tiene un hermoso color verde.

Descompone el agua á la temperatura ordinaria, amparándose del oxígeno y desprendiendo el hidrógeno, que se inflama: en esta descomposicion arde el metal, aun cuando el agua sea sólido. El potasio para conservarlo, ha de estar sumergido en aceite de nafta ó petróleo.

259. *Preparacion.* Davy obtuvo los metales potasio y sodio descomponiendo los óxidos por la electricidad. Gay-Lussac y Thénard propusieron descomponer el hidrato de potasa, por el hierro en virutas á un calor elevado. Tambien se ha propuesto tratar el carbonato potásico ó el bi-tartrato de potasa por el carbon y el calor.

ÓXIDOS DE POTASIO.

240. **PROTÓXIDO DE POTASIO, O K.** El oxígeno y el potasio forman un óxido anidro, sin color, muy cáustico y que no se descompone por el calor; se obtiene directamente.

241. **HIDRATO DE PROTÓXIDO DE POTASA.** *Propiedades.* Se conoce con los nombres de potasa cáustica, piedra de canterio, álcali vegetal. Es sólido, sin calor, muy cáustico, alcalino y untuoso al tacto. Funde al calor rojo, se volatiliza produciendo vapores blancos, es deliquescente y hace bajar á 0° el higrómetro de Saussure. El agua le disuelve en todas proporciones, espuesto al contacto del aire absorbe el ácido carbónico y se transforma en carbonato, destruye casi todas las sustancias orgánicas animales, y dá con las aceitosas y grasientas una clase de sales llamadas jabones. En la naturaleza se halla en ciertos minerales y en varias sales vegetales.

242. *Preparacion y usos.* Hay dos clases de hidrato de potasa: la *potasa á la cal* y la *potasa al alcohol*. La primera se obtiene haciendo hervir un p. en peso de carbonato de potasa puro (251) con 8 de agua, y añadiendo una techada de cal que contiene 1 p. de cal recién apagada. Verificada la descomposicion se filtra y se evapora á sequedad en un perol de plata. El hidrato que se obtiene es siempre impuro. Para conseguir la segunda clase de potasa, se trata este hidrato por el alcohol, que solo

disuelve la potasa pura, se separa por decantacion la parte líquida y se destila hasta recoger la mitad del alcohol empleado, y la evaporacion se concluye con un crisol de plata. El hidrato obtenido se vierte en moldes, ó en el perol de plata calentado de antemano.

El hidrato de potasa sirve de reactivo, para fabricar el jabon blando, descomponer las sales y aislar los óxidos, y en medicina como cauterio.

SÚLFIDOS Y CLÓRIDOS DE POTASIO.

243. En el día se admiten varios sulfidos de potasio, que importa conocer aunque de un modo muy ligero.

Mono sulfido de potasio: se obtiene reduciendo por el carbon y el calor el sulfato potásico dentro de vasos cerrados: consta de SK.

Bi-sulfido de potasio: se prepara descomponiendo un exeso de carbonato potásico por el azufre y el calor: su fórmula es S_2K .

Tri-sulfido de potasio: se consigue como el anterior; pero elevando la temperatura hasta el rojo blanco: consta de S^3K .

Cuadri-sulfido de potasio: se obtiene haciendo pasar vapores de sulfido carbónico sobre el sulfato de potasa calentado al rojo; la operacion queda concluida así que cesa el desprendimiento de ácido carbónico: contiene S_4K .

Quinti-sulfido de potasio; se prepara fundiendo 100 partes de carbonato potásico con 94 de azufre: consta de S^5K . Además pueden obtenerse los sulfidos salinos S^2K+S^3K y S^5K+S_4K .

244. CLÓRIDOS DE POTASIO. Entre estos compuestos el *clorido de potasio CK*, conocido con los nombres de *sal febrifuga de Silviu*, *sal marina degenerada*, *muriato de potasa*, etc. es el mas importante. No tiene color, el sabor picante y algo amargo, cristaliza y se disuelve en agua rebajando la temperatura. Se prepara tratando el carbonato potásico por el ácido cloridrogénico. La medicina lo usa como febrifuga y para lavar úlceras malignas.

SALES DE POTASA.

Caracteres distintivos de las sales de potasa.

245. Las sales á base de protóxido son en general solubles

en el agua, y se distinguen; 1.º con el *clórido platinico* dan un precipitado amarillo de clórido platinico potásico: 2.º con el *sulfato de alumina*, se obtiene el sulfato de alumina y potasa que cristaliza en octaedros: 3.º con el *ácido tártrico* un precipitado de bi-tartrato de potasa: 4.º con los ácidos clórico y perclórico un precipitado blanco cristalino: y 5.º no precipitan con la potasa, la sosa ni por el amoniaco.

NITRATO DE POTASA, O⁵N,OK.

246. Esta sal fué conocida de los antiguos con los nombres de *salitre*, *nitro* ó *sal de nitro*. Es blanca, algo trasparente, de sabor fresco y picante, soluble en agua, cristaliza en largos prismas, no se altera por la accion del aire seco, y absorbe la humedad cuando la atmósfera está cargada de vapor de agua. Funde á 300º, y dejándola enfriar constituye el *cristal mineral*: al calor rojo naciente se convierte en nitrito, y al rojo blanco se descompone dejando una mezcla de óxido de potasio y peróxido, ó un carbonato y óxido si la descomposicion se verifica al contacto del aire.

Esta sal se halla en los edificios antiguos y húmedos, en las caballerizas, establos, donde hay animales lanar, cabrio y caballo, y en varios puntos de Egipto, de la India, España y de la América del Sur.

247. *Estraccion*. En España se estrae el nitro en varias provincias, y con especialidad en las de Granada, Murcia y Aragon. Segun las observaciones de Gay-Lussac, Liebig y Kuhlmann el nitrógeno de las sustancias organicas se convierte en amoniaco que en presencia del aire y de los cuerpos orgánicos muy divididos se trasforma en ácido nítrico, que á su vez descompone los carbonatos que se hallan en el terreno.

En nuestros paises amontonan en la salitrería las capas de tierra nitrificada que se encuentra en capas esflorecientes en la superficie de los terrenos salitrosos, la que legivan en *coladores* de barro. Para descomponer los nitratos de cal y magnesia, se añade una poca de ceniza. La *legia* se llama *legia madre*, se concentra en una caldera de cobre; en algunas nitrerías añaden una disolucion de potasa para descomponer los nitratos y otros compuestos; pero en otras las concentran en seguida. A medida que el agua se evapora se añade legia en cortas cantidades, se separa la espuma que se forma, y se vierte en un colador. Pasada la espuma, el líquido se enturbia por los carbonatos insolubles, que

se separarán; y una vez concentrado se trasiega á los cristalizadores; que son pilones de barro ó cubas de madera llamadas *botazos*. La sal que cristaliza va acompañada de clórico de sodio y tiene el color moreno.

248. *La purificacion del nitro* se obtiene con dos cristalizaciones: en la primera se añade una disolucion debil de cola, y así que tiene el punto suficiente se pasa á los cristalizadores: los cristales se lavan en agua fria. Este nitro se vende como puro, pero no sirve para fabricar la pólvora. Se purifica disolviéndolo, evaporándolo y espumándolo de nuevo; así que tiene el grado de concentracion suficiente, se vierte en una vasija apropiada donde se agita para evitar la formacion de los cristales, y se obtiene un polvo blanco llamado *arenillas*.

El nitro sirve como fundente, para preparar los flujos negro y blanco, para obtener los ácidos sulfúrico y nítrico, para afinar el oro y la plata y para fabricar la pólvora. La medicina lo usa en corta dosis como diurético y refrescante.

249. Para conocer la riqueza del salitre que ha de refinarse se han indicado varios procedimientos. El primero está fundado en la propiedad que tiene una disolucion de nitrato de potasa saturada á una temperatura dada, de poder disolver otras sales que acompañan al nitro; pero la experiencia demuestra que cuando el nitro que se ensaya contiene sal comun, entonces puede disolver al nitrato de potasa, por cuya razon se ha abandonado el procedimiento. El segundo tiene por objeto transformar el nitrato potásico que contiene el salitre en carbonato, para lo cual se calienta con el carbon: en esta operacion los clóridos no se alteran y la riqueza se aprecia por la cantidad de carbonato, que tiene una reaccion alcalina. Se emplean 5 gramos de salitre, se mezcla con carbon, se calienta y se lejiva, añadiéndole agua hasta obtener 50 centímetros cúbicos. Luego se practica el ensayo alcalímetro (252), y sabida la cantidad de carbonato el cálculo dá á conocer la de nitro purificado. Cuando el salitre tiene nitrato de sosa, la operacion no es exacta; los sulfatos de potasa tambien oscurecen la exactitud de este método. Otro sistema que tampoco está fuera de errores, consiste en averiguar la cantidad de nitrato de potasa que se necesita para transformar un peso dado de hierro disuelto en ácido clorídrico desde protoclorido á perclorido de hierro.

250. *PÓLVORA*. La pólvora es una mezcla de nitro, carbon y azufre, cuyo descubrimiento se atribuye á R. Bacon; pero que al parecer es mucho mas antiguo. D. Alfonso XI la usó en el

sitio de Aljeciras en 1343. Alguno asegura que su autor fué Schevartiz Bertold, llamado Constantino Anklitzen ò el negro: su uso se generalizó en 1380 y los venecianos se sirvieron de ella contra los genoveses en el sitio de Chioggia.

En Francia se emplea para su fabricacion las siguientes proporciones.

	NITRO.	AZUFRE.	CARBON.
Pòlvora para la guerra.	75,0	12,5	12,5
" para minas.	65,0	20,0	15,0
" para caza.	78,0	10,0	12,0
" para pirotècnica	62,0	29,0	18,0

En España hasta nuestros días se ha hecho una mezcla de 75 p. de nitro en arenilla, 12 de azufre y 13 de carbon: sus usos y precios dependian de la finura del grano, distinguiéndose por el color del sello de la cubierta.

En la actualidad en las fábricas de Granada se emplean para las distintas pastas, las proporciones que siguen:

	NITRO.	AZUFRE.	CARBON
Pòlvora para caza.	75,0	10,0	15,0
" para guerra.	75,0	12,5	12,5
" para minas.	65,0	20,0	20,0
" " "	65,0	17,0	15,0

Con esta pasta se fabrica la pólvora que lleva sello negro ó encarnado. En Murcia se obtiene el sello azul y verde por el sistema de presion, y además la pólvora para la guerra. Las clases para la venta son *sello negro* que es el inferior, *encarnado*, *azul y verde*. En la fabricacion de la pólvora el azufre debe ser puro, y el carbon muy ligero. Los métodos para reducir la mezcla á pasta, varían en cada país; los mas usados son el de percusion y el de presion: este es el preferible.

CARBONATO DE POTASA (neutro); $\text{O}^3\text{Ca}, \text{OH}$.

251. Esta sal tiene el sabor acre, es algo caústica, muy soluble en el agua, cristaliza en tablas, es delicuescente, y no se

descompone por el calor; sin embargo, si estando fundida se le hace pasar una corriente de vapor acuoso se convierte en hidrato. Se la llama *álcali vegetal, sal de tártaro ó potasa*.

El carbonato de potasa se obtiene lejivando las cenizas y evaporando el liquido á sequedad. El producto se llama salino, y se calcina en un horno de reverbero, entregándolo luego al comercio con el nombre de potasa. En los laboratorios se hace deflagrar en un crisol grande ó un perol de hierro una mezcla de dos p. de nitro y una de cremor tártaro, el producto se disuelve en agua, se filtra y se evapora á sequedad. Se conoce la potasa facticia que se obtiene calcinandó en hornos de reverbero 100 partes de sal de sosa, 50 de sal comun y una de sulfato de cobre; así que la mezcla está hecha se le incorpora una p. de nitro. El producto viene á ser una sal de sosa.

El carbonato de potasa sirve como fundente, entra en la fabricacion del cristal, del azul de Prusia y como reactivo. La medicina lo usa como diurético, disolvente, y en algunos casos de disenteria, y no ha faltado quien lo haya preopinado para la tisis y la raquitis.

252. *Alcalimetría.* Las potasas del comercio van acompañadas de clóridos, sulfatos y otros cuerpos solubles que alteran su pureza. Para los fabricantes es importante saber apreciar la verdadera riqueza para fijar su valor, él que depende de la cantidad de carbonato. Estos ensayos constituyen la *alcalimetría*, y están fundados en la reaccion alcalina que egercen los carbonatos de potasa ó de sosa sobre la tintura de tornasol; reaccion que es tanto mayor cuanto mayor es la cantidad de carbonato. Haciendo obrar sobre la potasa ó la sosa un ácido diluido, como el sulfúrico, la potasa mas rica en carbonato, será aquella que en circunstancias iguales necesita mayor cantidad de dicho ácido para trasformar el carbonato alcalino en sulfato, cuya sal no tiene aquella reaccion. Si el carbonato está puro, es evidente que un equivalente de carbonato O^2Ca, OK se descompondrá por otro de ácido sulfúrico O^3S, OH , y dará el sulfato $O^3S, OK + OH$, desprendiéndose O^3Ca . Esto nos dice, que un equivalente de potasa $OK = 590,0$ puede saturar á otro de ácido sulfúrico monohídrico $O^3S + OH = 612,5$.

253. Ahora bien, estableciendo una proporcion con estos datos, podremos saber la cantidad real de carbonato de potasa, capaz de saturar 5 gramos de ácido sulfúrico monohídrico; y diremos.

$$\text{Si... } 612,5 : 590,0 :: 3,000 : x = \frac{590,0 \times 3,000}{612,5} = 4^{\text{gr}} 816 \text{ de car-}$$

bonato de potasa. De aquí se puede inferir que 4^{gr} 816 potasa del comercio que solo necesite 2,5 gramos de ácido sulfúrico para trasformar el carbonato en sulfato, tiene el 50 p₁₀₀ de álcali puro, y de este modo segun la cantidad de ácido empleado.

254. M. Gay-Lussac aconseja emplear una cantidad de potasa diez veces mayor, ó 48^{gr}, 16, disolverla en medio litro de agua pura, y por medio de una pipeta tomar la décima parte ó 60 centímetros cúbicos, que representan 4,816 de potasa sujeta al ensayo. Por otra parte prepara un *licor ácido normal* disolviendo 100 gramos de ácido sulfúrico monohídrico en un litro de agua, y de él toma con la bureta que está dividida en medios centímetros cúbicos, 100 divisiones que representan los 5 gramos de ácido sulfúrico. Se añade á la disolucion alcalina la cantidad suficiente de tintura de tornasol para que adquiera un color ligeramente azul: se vierte poco á poco el ácido normal hasta que la disolucion alcalina adquiere un color parecido al de la cáscara de cebolla, y el número de divisiones necesarias para saturar 50 centímetros cúbicos de disolucion de potasa, darán á conocer su riqueza. La potasa que necesita 50 divisiones tiene el 50 p₁₀₀, la que emplea 60 el 60 p₁₀₀, etc.

Se llama valor ó *riqueza ponderal* de un álcali en bruto, al número de quilógramos de álcali puro que contienen 100 quilógramos de dicho álcali: otros dan este valor al número de quilógramos de álcali puro en quintal de potasa.

LECCION XX II.

Sodio.--Hidrato de protóxido de sodio.--Clórico, carbonato y borato de sosa.

sodio, Na. Equivalente 289,729.

255. El sodio es sólido, dúctil como la cera, su densidad de 0,972, funde á +90° y se volatiliza al rojo naciente. Es buen conductor del calórico y de la electricidad, descompone el agua á

la temperatura ordinaria desprendiendo el hidrógeno, se obtiene como el potasio (239).

HIDRATO DE PROTÓXIDO DE SODIO, ONa, OH .

256. Este hidrato se conoce con los nombres de *sosa* y *alcali vegetal*: no tiene color, es muy cáustico, atrae la humedad, luego se seca y se convierte en carbonato esfloreciente. Se prepara como el de potasa (242).

CLÓRIDO DE SODIO, CNa .

257. El clórido de sodio se llama *sal comun*, *sal marina*. Es sólido, sin color, de sabor salado agradable, cristaliza en cubos, funde al calor rojo y se volatiliza al blanco; se disuelve en agua fria en igual proporcion que con el ayuda del calor.

258. *Estado natural*. La naturaleza ha esparcido la sal comun en la superficie del globo, con la profusion que exigen los importantes servicios à que se destina. Hállase en masas considerables en las entrañas de la tierra, se presenta en riscos y montañas, se ve disuelta en las aguas de ciertos lagos y fuentes; ya se reconoce como parte constitutiva del mediterráneo, ora se halla recorriendo la costa de Egipto hasta el Atlas, ó en la costa de España, Francia é Italia; ya se ve como parte integrante de algunas secreciones del cuerpo humano ó de los productos eliminados en el reino vegetal.

259. Entre las minas de sal, las principales son las de Polonia, Transilvania, Hungría, el Tirol, España y el Perú. La primera contiene la de Weliezka rinde todos los años sobre 150.000 quintales de sal, y sus primeras labores datan del año 1261. Este famoso criadero tiene tres leguas de estension y nueve cientos piés de profundidad; las capas de sal se hallan interceptadas por otras de arcilla arenisca, y entre estas corre un arroyo de agua dulce que surte à los operarios. En las capas salinas se han encontrado restos fósiles que pertenecen à seres que en otro tiempo tuvieron vida.

La otra mina de sal notable por su masa, posicion y estraordinaria blancura, es la de Cardona en Cataluña. El criadero no tiene quinientos pies de elevacion y se esplota à cielo abiertor es muy estraño que el gobierno no haya pensado en mandar reconocer su profundidad. En Cardona la sal es blanca y se halla tambien de color azul y rosa: la sal sólida se llama *sal gema*,

y el color suele variar en gris, pardo, violeta, rojo y azul; pero en general es blanca. El sabor es salado, aun cuando en algunos casos tiene un gusto amargo por la presencia de cuerpos extraños. Cuando se hulla disuelta en el agua se separa la sal por la evaporacion espontánea.

260. *Usos.* La sales un artículo de primera necesidad; se emplea para salar carnes, preparar la sosa artificial, el cloro, el ácido cloridrogénico, como fundente, para varias operaciones químicas, y entra en la composicion del vidrio comun y del vidrioado basto, etc. Se dá al ganado lanar y caballar y sirve de abono.

Cuando el clórido de sodio se ha preparado artificialmente se llama *licor de Laburraque*: este líquido se emplea para lavar úlceras gangrenosas.

SALES DE SOSA.

Carácteres distintivos de las sales de sosa.

261. Las sales de sosa no precipitan con el ácido tártrico ni con el clórido platínico: con el iodato de potasa dan un precipitado blanco poco soluble en exeso de sal de sosa, y con la llama del soplete adquieren un color amarillo.

CARBONATO DE SOSA. $\text{O}_2\text{Ca}, \text{ONa}, 10\text{OH}$.

262. *Propiedades.* Esta sal impura circula por el comercio con el nombre de *barrilla* ó *sosa*, segun su riqueza respectiva. Cuando pura es blanca, de sabor acre, sin olor, algo caústica, muy soluble en el agua y cristaliza en prismas romboides: el calor la hace eflorescer, mas no se descompone.

263. *Estraccion.* Las artes la emplean impura; generalmante se da la preferencia á la barrilla que se cultiva en la costa de Málaga, Almeria, Cartajena y Alicante. En estos puntos la cultivan con esmero, se seca al aire libre y luego la queman en hoyos mezclándole un poco de arena. La sosa proviene de vejetales menos ricos en álcali. En Francia se gasta la sosa de Normandia, el *salicote* ó sosa de Narbona y el blanquete ó sosa d'Aquemorte; pero son muy pobres en carbonato.

264. En el dia se fabrica la sosa artificial por el método de Leblanc, que consiste en calcinar en hornos á reverbero una mezcla de sulfato de sosa, producto de la accion 1600 quilógramos de sal y 200 de ácido sulfúrico á 50°; 2100 de creta y

1000 de carbon pulverizado, y concluida la calcinacion se obtienen 2800 quilógramos de sosa de superior calidad: cada operacion dura 4 horas.

265. *Usos.* El carbonato de sosa sirve para la legia del jabon duro, para la cola del papel, para el blanqueo, como fundente, entra en la composicion del vidrio y en la tintoreria. La medicina lo emplea en las afecciones cutáneas, como digestivo y en las arenillas; en el dia se ha preconizado como diaforético para el cólera morbo.

BORATO DE SOSA, $O^6Bo,ONa,100H.$

266. *Propiedades.* Esta sal se llama *atincal*, *borax* ó *sub-borato de sosa*: no tiene color, de sabor alcalino, es soluble en agua, cristaliza en prismas exagonales, efflorece al contacto del aire, funde por el calor, se hincha y deja por residuo un borato anidro de aspecto vidrioso. Se encuentra disuelta en las aguas de algunos lagos de Persia, en la India, y en la China: se estrae por evaporacion.

Se prepara combinando la sosa, ó descomponiendo el carbonato con el ácido que se estrae de los lagoni de Toscana.

267. *Usos.* Se usa para reconocer los óxidos en los ensayos al soplete, se emplea como fundente, para preparar el ácido bórico en los laboratorios, entra en la composicion del Stras, en la de los esmaltes y varios cristales, y se usa en tintoreria.

LECCION XXIII.

Calcio.--Protóxido de calcio.--Caracteres distintivos de las sales de cal.

Hypo-clorito, sulfato y carbonato de cal.

CALCIO, Cl. Equivalente 251,651.

268. El calcio se parece á la plata, es muy combustible, al contacto del aire absorbe el oxígeno y se convierte en óxido: su densidad es de 4,5. Se prepara por la pila eléctrica.

OXIDO DE CALCIO, $OCl.$

269. *Protóxido de calcio.* Este protóxido llamado *cal*, es sin

color, caústico y destruye los tejidos orgánicos; su densidad es 2,3, atrae la humedad y forma un hidrato que es la cal *apagada*. Es poco soluble en el agua, de modo que 100 p. á 15° disuelven

$\frac{1}{778}$ de cal, y al grado de la ebullicion $\frac{1}{1270}$. La disolucion sirve como reactivo bajo el nombre de *agua de cal*. Se halla en la naturaleza combinado con un ácido.

La cal se prepara descomponiendo el carbonato (piedra de cal), por el calor, empleando los hornos llamados caleras, entre las que se conocen las continuas y las antiguas.

Se usa la cal para obtener los morteros, para curtir; para robar el ácido carbonico á la potasa y la sosa á fin de hacerlas caústicas; preparar el amoniaco, etc.

Los carbonatos puros dan la cal que aumenta de volúmen al apagarse, y se llama *cal grasa*; los que tienen arcilla, magnesia, hierro y arena en cierta porcion dan la *cal hidráulica*, que se endurece dentro del agua. Esta cal se prepara artificialmente y sustituye el *cimento de los Romanos*.

El hidrato de cal tiene un volúmen mayor que la cal anidra, y en el acto de combinarse con el agua, la temperatura se eleva á 300°; segun Pelletier se presenta luminosa.

SALES DE CAL.

Caracteres distintivos de las sales de cal.

270. Las sales calizas se conocen: 1.º por el precipitado que forman con el ácido oxálico y el oxalato de amoniaco: este precipitado no se altera por el ácido acético y se disuelve en el nítrico; 2.º con el ácido sulfúrico y los sulfatos solubles dan sulfato de cal soluble en un gran exceso de agua; pero vuelve á aparecer con el alcohol; 3.º el agua de jabon forma copos blancos; y 4.º al soplete los carbonatos dan una luz blanca intensa, por la facultad iluminante del óxido de calcio.

COLORURO DE CAL.

Mezcla de hypo-clorito de cal y clórico de calcio.

271. Con el nombre de *cloruro de cal* del comercio, se conoce una mezcla de hypoclorito de cal y clórico de calcio: $\text{OC} \cdot \text{OCl} + \text{CCl}$. Este cuerpo calentado desprende un volúmen de oxígeno

igual á la mitad del cloro que contiene. No tiene color, es amorfo, sabor picante, acre y amargo; soluble en agua, se descompone por los ácidos debilitados, es muy higroscopo y obra sobre las sustancias orgánicas y colorantes amparándose del hidrógeno.

Se prepara de dos modos: primero haciendo pasar una corriente de cloro en un aposento de madera que tienen zarzos ó tablas en las que se ha estendido una capa de cal hidratada: El aparato de M. Tennant es el que se usa de preferencia. 2.º Se hace pasar la corriente de cloro en una lechada de cal: M. Mulhouse ha dado á conocer un aparato que se prefiere á los conocidos.

Este cuerpo se emplea para el blanqueo de la pasta del papel, hilazas, etc. La medicina lo usa como desinfectante, anti-pútrido, para evitar el desarrollo y progresos de la gangrena, y al interior para combatir las escrófulas á la dosis de 4 ó 6 gotas al día.

SULFATO DE CAL, $O^3S, OCl, 2OH$.

272. *Propiedades.* Este sulfato cuando anidro se llama yeso, no tiene sabor ni olor; se encuentra amorfo y cristalizado, pierde su agua á 200°, y á un calor elevado se descompone: su densidad es de 2,31. Es poco soluble en agua, al estado de bi-sulfato se disuelve mas; cuando anidro se combina con el agua desprendiendo calor y algunas veces un poco de sulfido hidrogénico.

273. *Estado y obtencion.* Se halla con abundancia cristalizado en tablas en los terrenos sedimentarios, tambien se encuentra en prismas exagonales, y al estado fibroso. Cuando el yeso cristallino se le hace perder el agua forma el yeso mate ó *escayola*; si es el amorfo constituye el yeso comun.

Se emplea para la construccion, vaciar estatuas y medallas, mezclado con la cola ó con la goma, dá un estuco que puede pulimentarse.

CARBONATO DE CAL, O^2Ca, OCl .

274. Este carbonato forma las piedras calizas, los mármoles, la creta, el alabastro y otras especies de piedras que se emplean para edificar. Se encuentra en toda clase de terrenos, y algunas veces en hermosos cristales de diferentes figuras: su densidad es de 2,7 á 3,0; el calor lo descompone, cuando puro no tiene color, es insoluble en agua y soluble con esceso de ácido

carbónico; los ácidos fuertes desprenden el ácido carbonico con efervescencia; las *estalactitas* y las *estalagmitas* que se ven en las grutas son carbonatos calizos.

Los mármoles tienen diversos colores por la presencia de óxidos metálicos; el de manganeso se infiltra algunas veces y se interpone entre las particulas de la caliza, que presenta dibujos y caprichos raros y curiosos. El arte comunica á los mármoles colores mas ó menos hermosos por medio de sales metálicas ó con disoluciones de sustancias colorantes.

LECCION XXIV.

Aluminio--Óxido de aluminio.--Carácteres distintivos de las sales de alúmina.--Sulfato de alúmina y potasa.--Vidrio.

ALUMINIO, Al. Equivalente 170,90.

275. El aluminio es pulverulento, de color gris, con el ruido adquiere brillantez, calentado al contacto del aire arde con una luz relumbrante, descompone el agua hirviendo con lentitud, y su densidad de 2,6. Se prepara descomponiendo el clorido de aluminio anidro por el metal potasio.

ÓXIDO DE ALUMINIO, O^3Al^2 .

276. Este óxido no tiene color, es mate al tacto, carece de sabor, se adhiere á la lengua y cristaliza cuando está unido á un principio colorante orgánico. Entra como parte constitutiva de la amatista, el topacio, el rubí, el zafiro, etc: su densidad es de 4,00, es insoluble en el agua y constituye la base de las arcillas. Forma parte de los terrenos fangosos y del barro de las alfarerías; pues sin este óxido no tendría la consistencia que se necesita para el trabajo.

La alúmina se combina con el agua y dá tres hidratos: la *gib-sita* tiene 6 equivalentes de agua y el *corindon* es la alúmina pura.

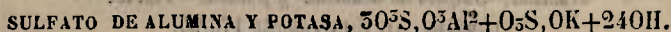
Se prepara descomponiendo una disolucion de alumbre por el amoniaco; el precipitado se lava varias veces y se seca en la estufa; luego es conveniente calcinarlo hasta el calor rojo.

Sirve como mordiente, para formar las lacas, para el azul de Thenard, para hacer las maderas incombustibles, etc.

SALES DE ALUMINA.

Caracteres distintivos de las sales de alumina.

277. Las sales de alumina se reconocen; 1.º con la potasa, la sosa y el amoniaco dán un precipitado gelatinoso de alumina; 2.º con el sulfato de potasa y el sulfato de amoniaco se obtiene el alumbre; 3.º con los súlfidos alcalinos un precipitado de alumina y desprendimiento de ácido súlfido hidrogénico; y 4.º disueltas en una disolucion de palo brasil y precipitadas por la potasa decoloran el liquido y se obtiene alumina teñida de color amoratado.



278. Esta sal se llama *alumbre de gebe*; es blanca, semitrasparente, de sabor estíptico y acre, soluble en agua, cristaliza en octaedros y su densidad de 1,71. Algunas veces adquiere la figura cúbica, y es cuando tiene un exceso de alumina. Espuesta al calor funde en su agua de cristalización, que se evapora y produce el *alumbre quemado*. Se llama *alumbre de roca*, cuando se ha fundido y dejado enfriar. Mezclado con el carbon y calcinada la mezcla se obtiene un compuesto de súlfido potásico, alumina y carbon, se inflama al contacto del aire al cual se llama *piróforo*.

Algunas veces el alumbre tiene un color rojizo debido al óxido de hierro: para purificarlo se le hace cristalizar. Sucede tambien que la potasa está sustituida por el amoniaco y entonces es un sulfato de alumina y amoniaco.

Esta sal se halla en la naturaleza y se estrae por cristalización. Tambien se utiliza el sulfato de la alumina natural, el que se mezcla con el de potasa que proviene de varias operaciones.

El alumbre se emplea en tintura como mordiente, prefiriendo el aceato; para conservar las piezas anatómicas, clarificar líquidos, etc. La medicina lo usa anidro al exterior como cauterio, y cristalizado al interior como astringente en la dosis de uno à cuatro granos.

279. Algunos químicos dán al aluminio un equivalente doble,

Nosotros no admitimos esta opinion basados en el isomorfismo.

VIDRIO.

280. El vidrio es una combinacion de silicato de potasa ó sosa con el silicato de cal, magnesia, manganesa, barita y otras bases que varian segun la composicion que se le dá. El cristal es vidrio mas puro que tiene óxido de plomo.

281. *Vidrio soluble.* Este vidrio se obtiene calentando en un crisol de platino; cuarzo en polvo 15 p.; potasa perla 10 y carbon en polvo 4. Este compuesto sirve para cubrir maderas y hacerlas incombustibles.

282. *Vidrio de Bohemia.* Este vidrio se confunde con el cristal, es apropiado para vidrios ópticos; consta, de arena lavada con el ácido clorídrico 100 p.; potasa pura 60; cal calcinada 20. En algunas fábricas añaden $\frac{1}{4}$ de ácido arsenioso y 1 p. de nitro

283. *Vidrio comun.* Para este vidrio hay muchas recetas; los tres que siguen se han recomendado por varias fábricas.

1.ª Arena 100 p.: creta de 35 á 40: carbonato de sosa seco de 30 á 33: cascós de botellas, vasos, etc. 180; protóxido de manganeso 0,25, y arsénico blanco 0,20.

2.ª Arena 100 p.: cenizas nuevas 50; sosa en bruto de vareck 200: cascós y desperdicios de vidrio 100.

3.ª Arena blanca 100 p.: potasa superior 65: cal recién apagada al aire 6: calcino (estagnato de plomo) 50: arsénico blanco 1; peróxido de manganeso 0,30.

El vidrio llamado *crown-glass* es igual al de Bohemia, procurando que sea muy homogéneo y diáfano.

284. *Cristal.* La composicion de esta sustancia suele variar segun el horno que se emplea y la clase de combustible. Cuando se usa de carbon mineral y de crisoles abiertos se destina una de las recetas que siguen:

1.ª Arena fina 500 p.; carbonato de potasa puro 100; minio 200: cascós de botella, etc. 300: algunos añaden, peróxido de manganeso 0,45; arsénico blanco 0,60.

2.ª Arena pura, 300 p.; minio 200, carbonato de potasa puro 90.

Durante la estacion calurosa se suele emplear; arena pura 300 p.; minio 215: carbonato de potasa puro 110, nitro 10, borax 12.

285. *Flint-glass.* Este cristal por su hermosura se emplea

con ventaja para los objetivos y otros vidrios de óptica. Para obtenerlo se usa: arena pura 300 p.: minio 300; potasa perla 150; nitro 10; arsénico blanco 0,45; peróxido de manganeso 0,60.

Para dar colores al vidrio se emplean los óxidos metálicos.

LECCION XXV

Hierro.--Fundiciones.--Acero.--Hoja de lata.--Moiré metálico.--Óxidos ferroso y férrico.--Caracteres distintivos de las sales ferrosas y férricas
Sulfato de protóxido de hierro.

HIERRO, Fe. Equivalente 350,527.

286. **Propiedades.** El hierro fué conocido desde la mas remota antigüedad. Tal cual circula en el comercio tiene el color gris azulado, es duro y la testura de granos aplastados; por el frote adquiere un olor sensible, su densidad es de 7,788; fúndese á 130.° de W, no se puede liquidar, pero se pone pastoso para forjarlo y poderlo soldar; es dúctil, maleable y tenaz; un hilo de dos milímetros de diámetro sostiene 242 quilómetros sin romperse.

El oxígeno y el aire seco no tienen accion sobre él, pero se oxida si están cargados de humedad, ó cuando interviene el calor.

El comercio presenta varias clases de hierro dulce cuyas propiedades están en cierto modo modificadas. Cuando se dobla á todas temperaturas se llama dulce; pero si resiste á esta operacion lleva el nombre de duro, y segun se dobla en frio ó caliente, se rompe por el choque ó se deja batir á temperaturas bajas se dice que es tenaz, quebradizo, agrio ó corto.

287. **Estado natural y estraccion.** Los principales minerales ferruginosos son, el hierro oxidulado, llamado mina magnética, el hierro oligisto ó hematita, el hierro espático que nuestros mineros de Sierra Almagrera llaman piedra molinera, los hidratos de óxido de hierro, los silicatos, y algunos carbonatos.

El hierro se estrae por tres métodos diferentes.

288. **Método catalan.** Consiste en reducir minerales ricos, puros, y de facil reduccion, en forjas apropiadas por la accion del calor y del carbon. El aire lo suministra una trompa de agua y

el hierro sale en una masa pastosa llamada boga, que se bate con un martillo de 60 arrobas de peso movido por una rueda hidráulica. Cuando la forja tiene mayores dimensiones que las adoptadas en la alta Cataluña, se llama sistema vizcaino.

289. El método alemán dá un producto medio entre el acero y el hierro colado, que se afina en la forja. Los hornos tienen la figura de un segmento cónico, que gira al rededor de su eje vertical.

290. El método de los altos hornos tiene la doble ventaja de operar sobre una escala muy lata, que permite tratar minerales poco puros. El hierro que se obtiene, viene á ser un nuevo mineral muy rico en hierro que debe afinarse; se llama hierro colado ó fundicion.

Los hornos tienen doce y aun veinte varas de alto, y en ellos se usa carbon vegetal, carbon mineral, coque y aun leña. El aire lo suministra una bomba de doble efecto, y cuando se usa de carbon de piedra, el aire se calienta antes de entrar en el horno. El alto horno tiene en el interior la figura de dos pirámides truncadas unidas por la base, ó la de dos conos truncados en igual posicion. Para la reducion se añade un fundente llamado *castina*, ó un poco de pizarra ó escorias: esto depende de la ganga que acompaña al mineral.

291. La afinacion se verifica en hornos de reverbero llamados á *ppuldiller*, ó en forjas á la catalana.

292. La fundicion blanca proviene de aumentar la cantidad de mineral ó disminuir el calor: algunas veces resulta de minerales manganíferos. En los dos primeros casos se puede formar un oso, un lobo ó *cuesco* que perjudica al establecimiento, porque se ha de derribar la delantera del horno. El color de este hierro colado es blanco, muy duro, testura granular, y suele cristalizar en pirámides: esta fundicion es útil para el afino.

La fundicion gris, resulta de minerales bastante puros, y tener bien arregladas las cargas; su color es gris, testura granulosa, no se pulmenta y es porosa; tratada por los ácidos deja una corta cantidad de grafito. Este hierro colado es el mas apropiado para el vaciado.

La fundicion negra resulta de un exeso de combustible: tiene el color oscuro casi negro, de testura granugienta, se rompe con facilidad y los golpes del martillo le hacen mella: tratada por los ácidos deja desprender hidrógeno y un carburo hidrogenado, depositando un residuo abundante de grafito. Es la mas difícil de afinar.

ACERO.

293. El acero es una combinacion de carbono é hierro, y otros cuerpos como el sílico, el fósforo, el manganeso y el aluminio en pequeñas cantidades.

El acero es sólido, blanco gris, testura granujienta, compacta y unida, con brillantèz, capaz de pulimentarse y de 7,81 de densidad media. Es blando y se deja trabajar con el buril: pero por medio del *temple* adquiere mayor dureza que el hierro. El calor le comunica matices diversos desde el pajizo al azul, y se llama *acero pavonado*, este matiz es mucho mas hermoso cuando se usa el clórido de antimonio.

294. Hay cuatro clases de acero: el natural, de cementacion, fundido y damascado. El *acero natural* es el hierro colado fundido en crisoles: es útil para artefactos de labranza.

El *acero de cementacion* se obtiene calentando por espacio de algunos dias las barras de hierro colocadas en una caja de ladrillos refractários, cubiertas de un *cemento*: la temperatura es rojo-cerezo. El *cemento* consta de polvo de carbon, cebo, sal comun y ceniza; pero cada fábrica tiene su receta particular. En las artes se obtiene una especie de cementacion con el *temple al paquete*, que consiste en cubrir las piezas con una pasta de aceite y hollin, y esponerlas al calor rojo durante doce ó diez y seis horas y luego se introduce en agua fria.

El *acero fundido* se consigue derritiendo en crisoles el acero de cementacion, y se obtiene un acero homogéneo.

El *acero damascado* es todavia un secreto; pero se consigue una variedad de este acero fundiendo 5 p. de hierro puro, $1/12$ de grafito, $1/32$ de escamas de hierro y $1/24$ de dolomia como fundente. Despues de labrada la pieza se pasa por una disolucion de sulfato ferroso y alumina.

HOJA DE LATA.

295. La hoja de lata es una combinacion de hierro y estaño que solo reside en los puntos de contacto. Para su fabricacion se usan chapas de hierro bien pulimentadas y cubiertas de una capa de cebo para evitar la oxidacion: estas se sumergen en un baño de estaño cubierto de una capa de resina, y luego se pulimentan para entregarlas al comercio.

296. El *muer-metálico* es una especie de cristalizacion del

estaño en la superficie de la hoja de lata. Para obtenerlo se pone encima de la hoja de lata unas áscuas durante tres ó cuatro minutos, y despues se sumerge en una disolucion de diez p. de agua, dos de ácido sulfúrico y tres de ácido nítrico. Tambien se emplea el ácido cloridrogénico, y para que los dibujos tengan regularidad se usan planchas de hierro con esferas del mismo metal equidistantes, las que se calientan y sobre ellas se pone la hoja de lata.

ÓXIDOS DE HIERRO.

297. *Protóxido de hierro*, OFe . Este óxido solo se obtiene al estado de hidrato; es verdoso, insoluble en agua, y al contacto del aire se reoxida. El cloro y tal vez el bromo y el iodo lo descomponen y dan un clorito y un perclorito de hierro; los ácidos lo disuelven. Se prepara descomponiendo una sal soluble de hierro á base de protóxido por la potasa ó la sosa. Este cuerpo es el antidoto del ácido arsenioso.

298. *Sesqui-óxido de hierro*, O^3Fe^5 . Este óxido se halla en la naturaleza puro y al estado de hidrato; en las artes se le llama *almazarron, rojo inglés, cólcotar ó pulimento*. Tiene el color rojo si está en polvo, violeta cuando en masa ó se ha espuesto á la accion del calor, y casi negro si se estrae del crater de los volcanes. Su densidad es de 5,525, se reduce por el hidrógeno á 400°, y se descompone por el carbon y el cloro ayudando la accion por el calor. Se halla con abundancia y constituye ciertos minerales ferruginosos. Se prepara descomponiendo una sal de hierro de sesqui-óxido por la potasa ó la sosa; tambien se obtiene calcinando el sulfato de hierro. Se usa para pulimentar los metales, y la medicina lo emplea al exterior como astringente.

SALES DE HIERRO.

Caracteres distintivos de las sales ferrosas y férricas.

299. Las sales de protóxido se reconocen; 1.° con la potasa y sosa dán un precipitado verdoso, que al contacto del aire se pone de color de yema de huevo; 2.° con el ferrocianuro potásico un precipitado blanco sucio, que pasa á azul con algunas gotas de ácido nítrico; 3.° con el clórico de oro un precipitado de oro metálico; 4.° con el tanino un tinte azul oscuro, despues de estar por algun tiempo al contacto del aire. Las sales de sesqui-

óxido dán con la potasa y la sosa un precipitado oscuro, con el tanino de color negro, y con el ferrocianuro potásico azul.

SULFATO FERROSO Ó DE PROTÓXIDO DE HIERRO, $O^3S, OFe, 7OH$.

300. *Propiedades.* Esta sal se llama *captrrosa verde y vitriolo de hierro ó verde*. Tiene el color verde azulado si está en cristales y blanco reducida á polvo; es soluble en agua, sabor estíptico, cristaliza en prismas romboides semi-transparentes, effloresce al contacto del aire y se reoxida por el calor: funde en su agua de cristalización, luego se descompone y deja por residuo el sesquí-óxido de hierro.

301. *Preparacion.* Se obtiene descomponiendo el sulfuro de hierro natural despues de calcinado, por la accion del aire y de la humedad; tambien se dejan á la intemperie los esquistos piritosos mezclados con la liñita; pero esta fabricacion vá enlazada con la del alumbre. En algunos establecimientos se descompone el agua por el ácido sulfúrico y el hierro; tambien se halla en la naturaleza.

302. *Usos.* Este sulfato se emplea para obtener el colcotar, para el ácido sulfúrico de Sajonia, como mordiente, entra en la tinta de escribir, sirve para desoxidar el añil, precipitar el oro, etc. La medicina lo usa como hemenagogo, en la clórosis, y como tónico, siempre en la dosis de cuatro á seis granos al día

LECCION XXVI.

Zinc.--Protóxido de zinc.--Caracteres distintivos de las sales de zinc. Estaño.--Protóxido de estaño.--Caracteres distintivos de las sales de protóxido de estaño.--Bi-sulfido de estaño.

ZINC, Z. Equivalente 406,951.

503. *Propiedades.* El zinc tiene el color blanco azulado, es maleable á frio, se reduce á láminas y á hilos, y su densidad de 6,8, á 7 20; á 203° se reduce á polvo, funde á 412° y al contacto del aire arde con llama desprendiendo copos blancos de óxido de zinc. Puede destilarse; descompone el vapor de agua,

y se combina con los hidratos de potasa, sosa y amoniaco con el intermedio del agua y del calor, formando zincatos, en cuyo caso se desprende hidrógeno. En la naturaleza se halla al estado de sulfido, *blenda*, y al de carbonato anidro, *calamina*.

304. *Estraccion*. Para ello están en uso los métodos *per-arsen-sum* y *per-desensum*. Cualquiera que sea el mineral se calcina á fin de reducirlo á óxido. La estraccion por desenso se verifica en un horno cerrado por la parte superior donde el metal se precipita y recoge en un recipiente: en el caso opuesto se pone la mezcla de óxido y carbon en cilindros de arcilla colocándolos en el horno en posicion vertical, los que comunican con recipientes, y la operacion viene á reducirse á una simple destilacion.

El zinc se usa para fabricar artefactos, cubrir edificios, entra en el laton, en la pila eléctrica y para obtener varios productos químicos.

PROTÓXIDO DE ZINC, OZ.

305. Este cuerpo se llamó *nihilum alba*, *lana filosófica*, *flores de zinc*, *pompholix*, etc: no tiene color, sabor ni olor, es infundible, fijo y volatil bajo una corriente de gas, insoluble en agua, muy soluble en los ácidos y absorbe el ácido carbónico del aire.

Se prepara descomponiendo el carbonato por el calor, ó calcinando el metal; al estado de hidrato se consigue descomponiendo una sal soluble por un álcali. En la medicina se usa como antiespasmódico en la dosis de uno á dos granos.

SALES DE ZINC.

Caracteres distintivos de las sales de zinc.

306. Las sales de zinc se distinguen: 1.º con la potasa, la sosa y el amoniaco, dan un precipitado blanco que se disuelve en un exceso de reactivo; 2.º con el ferrocianuro potásico un precipitado blanco que pasa á azul acidificando la disolucion; 3.º con el carbonato de amoniaco un precipitado de carbonato de zinc, que disuelve un exceso de reactivo.

SULFATO DE ZINC, $O^5S, OZ, 70H$.

307. Esta sal se llama vitriolo blanco; no tiene color, de sabor acre y estíptico, soluble en agua, cristaliza con facilidad, y suele hallarse entre las aguas que corren por las capas de blenda. Su densidad es de 1,912, el calor la descompone con dificultad, su agua de cristalización varia con la temperatura y pocas veces está pura.

Se obtiene tratando el ácido sulfúrico debilitado por el zinc. Las artes la emplean como secante y en las lámparas hidrostáticas; la medicina lo usa para las oftalmias y al interior como astringente, pero siempre en cortas dosis.

ESTAÑO, Sn. Equivalente 735.294.

308. *Propiedades.* El estaño fuè conocido de los antiguos con el nombre de Júpiter: es sólido, de color blanco azulado y de 7,283 de densidad; pasa por el laminador, es poco tenaz; bastante blando y nada elástico: cuando se frota adquiere un olor y sabor pronunciado y puede doblarse sin romperse, dejando oír un crujimiento particular debido probablemente á la separacion de las fibras. Funde á 228° y es fijo, pero se reduce á vapor por una corriente de aire: cristaliza en prismas exagonales. Descompone los ácidos fuertes, con el sulfúrico dá un sulfato de protóxido, con el nítrico el ácido metastágnico $O^{40}Sn5, 100H$, y con el clorídrico un clórido estagnoso. La primera de estas reacciones se verifica por la influencia del calor, y las otras á la temperatura ordinaria.

El estaño se halla al estado de óxido en los terrenos primitivos y en los aluviones.

309. *Estraccion.* El mineral de estaño se limpia á mano y se lava, y si es muy duro se calcina durante 48 horas. El óxido se reduce con carbon vegetal en un horno de manga de unos 5 metros de altura, que tiene la chimenea en comunicacion con una cámara para condensar los vapores. El estaño se dermite de nuevo para obtener barritas ó darle la consistencia pastosa, dejándolo caer estando fundido de una grande altura, y se llama estaño en lágrimas.

El estaño se usa para fabricar el bronce, la hoja de lata, azogar los cristales, y para obtener varios productos; con él se obtiene la potea, el plateado de la India, etc. La medicina usa

del óxido á fraccion de gramo como antiespasmódico.

ÓXIDOS DE ESTAÑO.

310. *Protóxido de estaño*, OSn . Tiene el color gris, es pulverulento, insípido, muy combustible, y de 6,66 de densidad. Se prepara descomponiendo el protoclorido por el carbonato de potasa ó sosa: el óxido se obtiene hidratado, y calentándolo sin el contacto del aire se consigue anidro.

311. *Deutóxido de estaño*, O^2Sn . Este óxido tiene tres estados isoméricos. 1.º cuando se obtiene descomponiendo el ácido nítrico por el calor, es insoluble en el ácido, se presenta en polvo cuando seco, reacciona como ácido, su densidad es de 4,935 y tiene 11 p $\S$ de agua. Haciéndole perder el agua adquiere un color amarillo; su densidad es de 6,64.

2.º Si se prepara destilando el compuesto de mercurio y estaño, tiene propiedades parecidas al anterior.

3.º Cuando se disuelve en agua el licor de Libavios ó clorido estagnico fumante, y la disolucion se trata por la potasa cáustica, el óxido es una masa gelatinosa, blanca cuando seca, la que funciona como ácido.

BISÚLFIDO DE ESTAÑO, S^2Sn .

312. Este cuerpo se conoce con los nombres de *oró musivo* ó de Judea, etc.: es de color amarillo, cristaliza en escamas amarillas exagonales y brillantes, es volatil y se descompone por el calor. Se disuelve en los sulfidos alcalinos y se emplea para broncear y exitar las almohadillas de la máquina eléctrica.

Se prepara introduciendo en un matraz una amalgama de 12 partes de estaño y seis de mercurio, la que se ha triturado con 60 de azufre y 2 de sal amoníaco: se calienta en un baño de arena hasta que no desprenda vapores blancos. Pelletier aconseja calentar una mezcla de proto-sulfido de estaño y sulfido de mercurio en partes iguales, ó bien por vía húmeda, haciendo pasar una corriente de ácido sulfidrogénico en una disolucion de biclorido de estaño.

CARACTERES DE LAS SALES DE ESTAÑO.

313. Las sales á base de protóxido tienen un sabor metálico y astringente. Se disuelven en poca agua, pero diluyéndolas se

ponen lechosas. El ferrocianuro potásico las precipita en blanco; los sulfidrogenatos dán un precipitado de color de café; el tanino un precipitado moreno; y el clórido de oro un precipitado moreno que es la púrpura de Cassius.

314. Las sales estagnicas no tienen color, con el clórido de oro no dán precipitado, el ácido sulfúdo hidrogénico tampoco dá precipitado amarillo.

LECCION XXVII.

Plomo.--Aleaciones de plomo y estaño.--Protóxido de plomo.--Caracteres distintivos de las sales de plomo.--Carbonato de plomo.

PLOMO, Pb. Equivalente 1294,645.

315. *Propiedades.* El plomo fué conocido de los antiguos con el nombre de Saturno: es sólido, de color gris azulado, de un olor particular y cuando puro de 11,445 de densidad: funde á 334.°, se volatiliza á la temperatura blanca y se deja batir con facilidad. Cuando se machaca se le abren grietas, pero mojándolo y secándolo á un calor suave adquiere maleabilidad. Cuando el plomo se lamina, el calor que produce la presion es suficiente para mantenerlo al grado de dilatacion conveniente.

El plomo calentado fuertemente al contacto del aire, arde con una llama particular: se combina con el oxígeno en varias proporciones, y con el fósforo, el azufre, el selenio, el cloro, el iodo y con muchos metales. La accion del aire húmedo lo cubre de una capa de sub-óxido, pero fundido se oxida hasta formar el minio.

316. *Estado natural.* El plomo se halla al estado de óxido, de sulfúdo, de cromato, sulfato, fosfato, carbonato, y cloroarseniato. El sulfuro ó galena es muy abundante en la sierra de Gador donde se halla el sulfato y carbonato llamados plomo blanco.

317. *Estraccion.* El plomo se estrae de la galena ó del sulfato y carbonato. Para ello se emplean hornos castellanos, de reverbero y otros de aire natural llamados atmosféricos. El aire en los primeros la suministra una máquina sopiante, ó un fuelle de grandes dimensiones, y en los otros se establece una fuerte corriente en virtud de una chimenea. (Para mayores detalles

véase mi curso de química, tomo segundo, página 116 y siguientes).

518. *Usos.* El plomo se emplea en las construcciones hidráulicas, cubrir edificios, cauces, etc. Con otros metales forma aleaciones y sirve para fabricar varios productos químicos.

ALEACIONES DEL PLOMO.

519. Las principales aleaciones de plomo son: 1.ª dos p. de plomo una de estaño que es la soldadura de los hojalateros: mas fusible que el estaño, de color blanco gris y bastante dura: 2.ª 5 p. de plomo, 8 de bismuto y 3 de estaño, forma el metal blanco llamado metal fusible de D' Arcet, por que funde á 100°; 3.ª 80 p. de plomo y 20 de antimonio, metal para los caracteres de imprenta.

ÓXIDOS DE PLOMO.

520. *Sub-óxido de plomo*, O, Pb_2 . Es pulverulento, de color de ceniza oscuro, y se forma en la superficie del metal cuando por mucho tiempo está á la acción del aire.

521. *Protóxido de plomo*, OPb . Tiene el color amarillo pálido cuando está en polvo, pero suele hallarse en pajitas anaranjadas y entonces se llama litargirio. Funde con facilidad, absorbe el oxígeno al contacto del aire y del calor y pasa al estado de minio; es algo soluble en agua y con los ácidos forma sales. Sin

embargo, el agua pura llega á disolver $\frac{1}{7000}$ y adquiere una reaccion alcalina. En el comercio se conoce el litargirio de plata y el de oro: el primero tiene el color amarillo y el segundo algo rojizo por algun minio: se llama masicot el óxido preparado con un calor fuerte.

El litargirio se obtiene oxidando el plomo por el aire y el calor. Es un excelente fundente, entra en la composicion del cristal, se usa como secante, en los análisis docimásticos y para varios productos químicos. En la farmacia se emplea para confeccionar los emplastos, y varios ungüentos.

522. *Peróxido de plomo*, O^2Pb . Tiene el color de vino tinto, es pulverulento, y se descompone por los ácidos fuertes.

523. *Minio*, O^5Pb_2 . Su color es rojo, se descompone por el calor, se combina con los ácidos y dá sales de protóxido y y peróxido de plomo; se halla en la naturaleza, y se prepara calcinando el litargirio.

GALENA Ó SÚLFIDO DE PLOMO, SPb.

324. La galena tiene el color mas subido que el plomo, es brillante, menos fusible que el metal, se descompone por el calor, testura hojosa y granujienta y capaz de cristalizar en cubos; nuestros mineros la llaman alcohol. Se halla en los terrenos metamórficos en bosadas y filones, ó diseminada entre una ganga caliza ó arcillosa.

SALES DE PLOMO.

Caracteres distintivos de las sales de plomo.

325. Las sales de plomo se distinguen: 1.º con el ácido sulfídrico dan un precipitado negruzco de sulfido de plomo; 2.º con los sulfidos alcalinos el mismo producto; 3.º con el ácido sulfúrico y los sulfatos disueltos un precipitado de sulfato de plomo sin color; 4.º con el ácido clórico hidrogénico un clorido de plomo; 5.º con el cromato de potasa un precipitado amarillo de cromato de plomo; y 6.º el hierro, el zinc y el estaño lo precipitan de sus disoluciones al estado metálico.

CARBONATO DE PLOMO, $\text{O}^2\text{Ca}, \text{OPb}$.

626. Este carbonato se conoce con los nombres de albayalde, blanco de plomo, cerusa, blanquete de Venecia, blanco de plata, de Krems, etc, segun su pureza. No tiene color, es insoluble en agua, el calor lo descompone y deja por residuo el óxido de plomo; los ácidos fuertes desprenden el ácido carbónico con efervescencia y se combinan con la base.

En Francia se prepara haciendo pasar una corriente de ácido carbónico en una disolucion de acetato de plomo bi-básico. En España se colocan tarros de barro dentro de los que se ha puesto vinagre, y varias láminas de plomo (vaciadas en molde de piedra), y despues de tapados en número de quinientos y aun de mil se cubren con estiercol: pasados quince ó veinte dias se destapan, se separa el albayalde, se lava, se muele, luego se tamiza, se vuelve á lavar dos ó tres veces y con moldes de barro se le dá la figura cónica que tiene en el comercio. Durante esta operacion se obtiene algun acetato de plomo que se disuelve en las aguas de los lavados, y cuando estas aguas no

se mudan se obtiene el albayalde duro, y en el caso contrario sale blando. El albayalde que se obtiene descomponiendo el acetato por un carbonato alcalino se llama blanco de plata.

El albayalde se sofistica con el sulfato de barita y con la creta.

Se emplea en la pintura al óleo, para dar cuerpo à los colores, etc. La farmacia tambien lo usa.

LECCON XXVIII.

Cobre.--Aleaciones de cobre con el zinc y el estaño.--Protóxido de cobre.

Bióxido de cobre.--Caracteres distintivos de las sales de cobre,

Sulfato de bióxido de cobre,

COBRE, Cu. Equivalente, 395,50.

327. *Propiedades.* El cobre fué conocido de los antiguos; su nombre deriva del latin cuprum. Es sólido, de color rojo, sabor desagradable, funde à 27° de W, se volatiliza bajo una corriente de aire, y su densidad es de 8,85.

Calentado al contacto del aire se oxida, y una parte del óxido se transforma en carbonato: puede combinarse con el fósforo, el azufre, el selenio, el cloro y casi todos los metales. Obra con energía sobre el ácido nítrico à la temperatura ordinaria, y sobre el sulfúrico con el ayuda del calor.

328. *Estado.* El cobre se halla al estado nativo, al de óxido, sulfido y al estado natural, y algunas veces disuelto en el agua.

329. *Estraccion.* La metalurgia utiliza el cobre nativo, el oxidulado, el deutóxido, la pirita, y el carbonato. En general todos estos minerales se tuestan; pero los sulfidos experimentan una calcinacion prolongada à fin de desprender el azufre. La estraccion toca luego los dos extremos; ó es fácil, ó muy complicada y difícil.

Si el mineral es un carbonato puro ó el óxido basta reducirle por el calor y el carbon en un horno de manga. Pero si va acompañado de óxidos de hierro y contiene azufre, se funde despues de calcinado, se obtiene un mate que se funde de nuevo, y continuando las calcinaciones y fundiciones sucesivas se llega à conseguir el cobre roseta. Para ello se emplean hornos de reverbe-

ro, y entonces la metalúrgia del cobre es complicada y difícil. El cobre tambien se estrae por cementacion. (Véase mi curso de química, tomo segundo, página 109 y siguientes).

ALEACIONES DE COBRE.

330. Las aligaciones del cobre con el zinc forman los latones: su color es mas ó menos subido segun la cantidad de los principios que contienen;

El laton ó cobre amarillo consta de 33,33 de zinc y 66,66 de cobre; el similor tiené 80 de cobre y 20 de zinc; ú 84 c. y 16 z; algunas veces tienen un 6 p $\frac{3}{4}$ de estaño: la tombaga resulta de 100 de cobre y de 10 á 14 de zinc.

Para vaciar estátuas se usa la aleacion que consta de 91 de cobre, 6 de zinc, 2 de estaño y 1 de plomo.

Las aleaciones de cobre y estaño se llaman bronce, metal para cañones, metal de campanas, etc. Las principales son: 1.^a para cañones consta de 100 cobre y 14 estaño: 2.^a para campanas 78 cobre y 22 de estaño: para timbales ó tan-tanes 80 de cobre y 20 de estaño: 4.^a para telescopios 67 cobre y 33 de estaño; 5.^a para medallas, etc. 100 cobre 8 estaño; 6.^a el pack-fong 50 de cobre, 25 níquel y 25 zinc: y 7.^a 100 de cobre, 100 de estaño y 10 de zinc es una aleacion sin color, quebradiza y se deja laminar.

ÓXIDOS DE COBRE.

331. *Peróxido de cobre*, OCu_2 . Este óxido tiene el color rosado, fundible y calentado al contacto del aire se reoxida; los ácidos nítrico y sulfúrico debilitados lo descomponen en parte dejando cobre metálico, y el protóxido se trasforma en bi-óxido. Se combina con el agua y dá un hidrato de color anaranjado, es soluble en los ácidos, se disuelve en el amoniaco y por el contacto del aire la disolucion adquiere un color azul: pero este color desaparece introduciendo una lámina de cobre. Este óxido forma el cobre oxidulado. Se prepara descomponiendo por el calor en un crisol, el proto-clórico de cobre por el carbonato de sosa seco. El hidrato se obtiene descomponiendo el perclórico por la potasa hirviendo.

332. *Bióxido de cobre*, OCu . Tiene el color moreno, funde con facilidad, el oxígeno no lo altera, espuesto al aire se trasforma en carbonato, se combina con el agua y da un hidrato y se descompone por el calor y el hidrógeno carbonado. Calen-

tado con las sustancias orgánicas se reduce y su oxígeno se transforma en agua, ácido carbónico y óxido de carbono. Se halla en la naturaleza mezclado con el cobre gris.

Se prepara descomponiendo el sulfato de cobre por la potasa, ó calcinando el nitrato hasta que no se desprendan materias gaseosas: para los análisis se destila el acetato de cobre y el residuo se calcina. Se emplea en la composicion del vidrio de color verde, para preparar las cenizas verdes, en el análisis orgánico, etc.

SALES DE COBRE.

Caracteres distintivos de las sales de cobre.

333. Las sales de protóxido se distinguen: 1.º con la potasa dán un precipitado de color azulado insoluble en esceso de reactivo; 2.º con el ácido oxálico un precipitado blanco verdoso; 3.º con el ferrocianuro de potasio un precipitado de color de castaña.

Las sales de bióxido tienen los caracteres siguientes: 1.º con la potasa un precipitado amarillento insoluble en esceso de reactivo; 2.º con el tanino un precipitado de color gris; 3.º con el amoniaco precipitado soluble en esceso de reactivo y forma el agua celeste; 4.º con el ferrocianuro potásico precipitado amarillo verdoso; y 5.º el hierro precipita el cobre metálico.

SULFATO DE BIÓXIDO DE COBRE. $\text{O}^3\text{S}, \text{OCu}, 50\text{H}$.

334. Esta sal suele llamarse caparrosa azul, vitriolo de Chipre, piedra lapis, etc. Tiene el color azul, es soluble en agua, y cristaliza en paralelipípedos oblicuángulos; su densidad es de 2,49, effloresce al aire, se descompone por el calor, y el precipitado que dá el amoniaco se redisuelve y forma el agua celeste. Se halla en la naturaleza disuelta en las aguas de ciertos manantiales, de las que se estrae el cobre por cementacion; tambien suele presentarse donde abunda la pirita cobriza.

Se prepara evaporando el agua que la tiene disuelta; calcinando las piritas cobrizas y esponiéndolas á la accion del aire húmedo, y disolviendo el sulfato en agua para hacerlo cristalizar. En los laboratorios se trata el ácido sulfúrico concentrado por el cobre con ayuda del calor, y el sulfato ánidro se hierve con agua; luego se filtra y se hace cristalizar.

LECCION XXIX.

Mercurio.--Amalgama de estaño,--Protoxido de mercurio,--Bióxido de mercurio--Caracteres distintivos de las sales de mercurio, Bisulfido de mercurio,

MERCURIO, Hg. Equivalente 1241,29,

335. *Propiedades.* Los antiguos llamaron á este metal azogue ó plata viva; es líquido á la temperatura ordinaria, se solidifica á—39,5°, y entonces cristaliza en octaedros, tiene el color blanco azulado, carece de olor y sabor, su densidad es de 13,557, y produce en la economía aftas, una salivacion abundante y un temblor nervioso.

El mercurio hierve á 360°, se volatiliza á 365° y aun á la temperatura ordinaria. Si cuando sólido se pone sobre la mano produce una sensacion igual á una quemadura. La densidad de su vapor es de 7,976. Espuesto á la accion del aire húmedo y del oxígeno se empaña, á 350° se óxida y da el bi-óxido. Descompone el ácido nítrico á la temperatura ordinaria, se forma un nitrato mas ó menos neutro: lo mismo sucede con el ácido sulfúrico, en cuyo caso ha de elevarse la temperatura. Se combina con el azufre, el selenio, el cloro, el bromo, el iodo, y con muchos metales: el hierro no se combina con él, y por esta razon los frascos para trasportarlo son de hierro.

336. *Estado natural y estraccion.* El mercurio se halla al estado nativo, combinado con el cloro, con la plata, y sobre todo con el azufre formando el cinabrio. Almaden es la primer mina del Mundo, se ha encontrado en Chova, Bayarque, Dolar, Castellserá y en la sierra de Albarracin. Idria, la Carniola, el ducado de Dos-puentes y el Japon tambien lo contienen.

En Almaden se descompone el cinabrio por el calor y el aire, convirtiendo el azufre en ácido sulfuroso, y el mercurio se condensa en una série de tubos llamados aludeles. La carga consiste en una capa de piedra ó solera de media vara, luego mineral pobre, sigue el mineral rico, continua la china ó mineral mediado, despues se coloca el superior, vuelve otra capa de china y concluye con los adoves formados de la tierra; su total se

calcula en 800 arrobas y 100 de piedra estéril, y la operacion dura de 10 á 12 horas.

En el Palatinado se emplean grandes retortas, y ayudan la descomposicion del sulfuro por la cal; en Idria usan de hornos parecidos á los de Almaden y los condensadores son cuatro á seis cámaras puestas á cada lado. (Para mayores detalles véase mi curso de química, tomo segundo, página 123 y siguientes. Extracto de mi viaje á Almaden)

337. *Usos.* El mercurio sirve para recoger los gases solubles en agua, para construir barómetros, termómetros y otros instrumentos, unido al estaño sirve para azogar, con el azufre forma el cinabrio y el bermellon, se emplea para dorar y extraer la plata y el oro. La medicina lo usa como medicamento, y en virtud de su actividad se le ha llamado *heróico en la sífilis*.

ALEACIONES DE MERCURIO.

338. Los compuestos ó mezclas metálicas que tienen mercurio se les llama amalgamas. Las de plata y oro se emplean para el plateado y dorado á fuego.

Además se obtiene otra que consta de 1 p. de bismuto y 4 de mercurio, que sirve para azogar los globos.

339. Con el estaño se consigue otra para azogar cristales. Para ello se extiende la hoja de estaño sobre una mesa y se pone tersa por medio de una muñeca de algodón; luego se le vierte un poco de mercurio con el que se frota con una mano de liebre toda la superficie de la hoja; operacion que debe practicarse con prontitud. En seguida se vierte mercurio hasta formar una capa de dos líneas, y se va colocando el cristal cortando el mercurio y procurando que no quede ninguna burbujita de aire: se carga poco á poco lo suficiente, luego se inclina hasta que adquiera la posicion vertical, y pasados veinte ó treinta dias la amalgama se encuentra adherida constituyendo el espejo.

ÓXIDOS DE MERCURIO.

340. *Protóxido de mercurio.* O^2Hg . Este óxido se llama *ethiops perse*; se halla en polvo, de color negro, insoluble en agua y sabor desagradable. Se prepara descomponiendo el protoclorido de mercurio por la potasa cáustica.

341. *Bióxido de mercurio.* $O Hg$. Este óxido se llama precipitado persé, precipitado rojo y polvos de Juan ó de Joanes. Tie-

ne el color rojo ladrillo, es algo soluble en agua, sabor desagradable y la disolucion enverdece el jarabe de violetas. La luz lo altera, el calor lo descompone, el azufre y varios metales lo reducen y se combina con el agua para dar origen á un hidrato.

Se prepara descomponiendo el nitrato ácido de mercurio por el calor ó esponiendo el mercurio á un calor conveniente y al contacto del aire. Se usa en los laboratorios para preparar el oxígeno, y es un poderoso oxidante. La medicina lo emplea al exterior, y entra en la pomada de la viuda de Farnier.

BISÚLFIDO DE MERCURIO. SHg.

342. El bisulfido de mercurio tiene varios estados isoméricos; el bermellon, el cinabrio y el etiope mineral, son tres cuerpos de propiedades distintas y de idéntica composicion.

El sulfido de mercurio no se altera por el aire, el calor lo descompone, varios cuerpos lo reducen, y se combina con el cloro, el bromo y el iodo. Se halla con abundancia al estado de cinabrio.

Para preparar el etiope mineral se calientan 150 p. de azufre, y estando fundido se le incorporan 950 de mercurio. Este sulfido se sublima y dá un cuerpo que pulverizado adquiere un color encarnado.

El bermellon se obtiene, segun M. Brunn, triturando durante tres horas 500 p. de mercurio, 114 de azufre y despues 75 de potasa y 400 de agua; el todo se cañenta á 40° y pasadas algunas horas se consigue el bermellon de buen color.

Caracteres distintivos de las sales de mercurio,

343. Las sales de protóxido se reconocen: 1.° con la potasa y el amoniaco dan un precipitado negro insoluble en esceso de reactivo; 2.° con el cromato de potasa un precipitado rojo de cromato de mercurio, que se disuelve en el ácido nítrico; 3.° con el carbonato de potasa un precipitado sucio, que se pone negro por la ebullicion; 4.° introduciendo en la disolucion una lámina de cobre, se deposita una película blanca metálica.

Las que tienen por base el bióxido de mercurio, dan, 1.° con la potasa un precipitado amarillo, y con el amoniaco blanco; ambos insolubles en esceso de reactivo: 2.° con el tanino no dan reaccion alguna: 3.° con el ioduro potásico un precipitado

rojo vivo soluble en esceso de reactivo: 4.º con el cromato de potasa precipitado amarillo rojizo.

LECCION XXX.

Plata.--Aleaciones de plata y cobre.-- Plaqué--Amalgama de plata.--Protóxido de plata.-- Caracteres distintivos de las sales de plata.--Nitrato de plata.--Fulminato de plata.

344. *Propiedades.* Los antiguos llamaron Diana ó Luna. No tiene color, es resplandeciente, carece de olor y sabor, cristaliza en cubos ú octaedros, y su densidad es de 10,47. Es sonora, dúctil y maleable; funde á 22º de VV, y estando derretida disuelve oxígeno del aire, que abandona aumentando el calor ó cuando se enfria. Se volatiliza por el calor, cuya propiedad aumenta por una corriente de aire. La plata ataca á los ácidos oxigenados y á los álcalis; se combina con el fósforo, el cloro, el iodo, el bromo, el selenio, el azufre y casi todos los metales.

345. *Estado natural y estraccion.* La plata se halla nativa y combinada con el cloro, el selenio, el bromo, el iodo, el azufre, el arsénico y con algunos metales, como el cobre, el plomo, el mercurio, etc.

Se estrae por amalgamacion y por fundicion; en este caso se combina con el plomo y se separa por la *copelacion*. Durante la copelacion se oxida el plomo y la plata se aísla: las copelas se hacen con huesos calcinados ó con margra.

La plata es uno de los metales que representan la riqueza pública, sirve para objetos de lujo, en la joyería, etc.

ALEACIONES DE PLATA.

346. La plata pura tiene un valor representado por doce dineros y cada onza vale 24 rs. vn. Los artefactos de una onza de peso se construyen con plata de 11 dineros de ley, pero el artista dispone de $\frac{3}{24}$ avos á su favor (el dinero se divide en 24 avos). Esta aleacion equivale á 1 adarme 16 granos de cobre por cada onza de plata fina: cuando las piezas no tienen la onza, la plata se marca á 9 dineros y aun á 8 y medio: aleacion que resulta de 1 onza de plata y 4 adarmes de cobre.

Las soldaduras de plata constan: 1.^o de 3 partes de cobre y una de plata; 2.^o de 2 partes de cobre y dos de plata; y 3.^o de 2 partes de plata y 3 de laton amarillo.

PLAQUÉ.

347. El plaqué es una plancha de cobre sobre la cual se ha soldado una de plata y las dos se han laminado juntas hasta el espesor suficiente; de suerte que el cobre está cubierto de una capa de plata, que en algunos casos solo tiene un milímetro.

En el dia se consigue el plaqué laminando juntas dos chapas una de plata y otra de cobre, hasta el espesor suficiente, combinando el sistema de modo que la capa represente un milésimo próximamente. La superficie de la plancha de cobre que ha de recibir la plata, se moja en una disolucion concentrada de nitrato de plata, se coloca la plancha de este metal cuyos bordes un poco salientes se doblan sobre el cobre, acto continuo se enrojece y se lamina hasta obtener el grueso que se desea.

AMALGAMA DE PLATA.

348. La plata y el mercurio se unen en todas proporciones: la amalgama líquida pasa al través de una cabritilla, y abandona la mayor parte de la plata; la amalgama sólida se descompone por el calor desprendiendo el mercurio que pasa por destilacion. El arbol de Diana no es otra cosa que una amalgama sólida cristalizada.

PROTÓXIDO DE PLATA, OAg.

349. Tiene el color verde oliva, es insoluble, sin accion sobre los colores azules vegetales, se reduce por un calor moderado; la luz lo altera, se combina con el agua y da un hidrato de color negro, que se reduce asi que pierde el agua: con el mercurio da un compuesto fulminante.

Se prepara descomponiendo el nitrato por la potasa y secando el precipitado en una estufa.

SALES DE PLATA.

Caracteres distintivos de las sales de plata.

350. Las sales de plata se distinguen; 1.^o con la potasa dan

un precipitado pardo soluble con el amoniaco: 2.º con el ácido cloridrogénico un precipitado blanco soluble en el amoniaco; 3.º con el ferrocianuro potásico un precipitado soluble en exceso de reactivo y en el amoniaco; y 4.º con el cobre se precipita la plata.

NITRATO DE PLATA. $\text{O}^{\text{N}}\text{,OAg}$.

351. No tiene color, sabor acre y amargo, muy cáustico, el aire no lo altera, es soluble en su peso de agua y en diez veces su peso de alcohol, cristaliza en láminas cuadradas. La luz lo ennegrece, la electricidad lo descompone, funde á un calor moderado en su agua de cristalización, y si cuando comienza á descomponerse se vacía en moldes, se obtiene la *pedra infernal*. Se mezcla muy bien con el nitrato de potasa, cuya mezcla se emplea para las oftalmias. Detona con el carbon y el azufre, cuando disuelto en el agua se descompone por varios metales, como el cobre, el hierro y el mercurio.

Se prepara tratando el ácido nítrico por la plata.

Se usa como reactivo, y al estado de *pedra infernal* como escarótico, para cauterizar úlceras venéreas, en inyecciones disuelto en agua en corta dosis, etc.

FULMINATO DE PLATA. $\text{O}^{\text{2}}\text{Cy}^{\text{2}}, 2\text{OAg}$.

352. El ácido fulmínico es uno de los tres ácidos poliméricos del radical cianógeno. Se combina con el óxido de plata y da un polvo cristalino, poco soluble en agua fría y soluble en 36 veces su peso de agua hirviendo; detona por el choque ó con el calor y con la electricidad: es la plata fulminante con la que se consiguen los crujidos ó petardos. Se prepara disolviendo $2\frac{1}{2}$ adarmes de plata fina en 45 de ácido nítrico concentrado y despues de disuelta se le añade 60 p. de alcohol. La mezcla se hierva hasta que empieza á enturbiarse, en cuyo caso se separa de la lumbre y se le incorporan otras 60 p. de alcohol en tres ó cuatro porciones distintas: el fulminato de plata se deposita en copos, que se filtran y se lavan.

LECCION XXXI.

Oro.--Aleaciones de oro y cobre.--Protóxido de oro.--Caracteres distintivos de las sales de oro.--Biclorido de oro.--Platino.--Óxido de platino.--Caracteres distintivos de las sales de platino.--Biclorido de platino.

ORO, Au. Equivalente 1227,80.

353. *Propiedades.* El oro es sólido, de color amarillo rojizo en masa, y púrpura cuando está en polvo, dúctil, brillante y maleable, es poco duro, tenaz y de 19,257 de densidad; cristaliza en prismas cuadrangulares ó en octaedros. Funde á 22° de VV, y por enfriamiento adquiere la figura piramidal. el oro no se altera por el oxígeno ni el aire, aun cuando esten húmedos; se combina con el cloro, el iodo, el bromo, el azufre y el fósforo y con casi todos los metales. No ataca á ningún ácido y solo se disuelve en el agua regia. Algunos aseguran que el oro se oxida por una fuerte descarga eléctrica; pero parece que el polvo que se obtiene es polvo de oro.

354. *Estado natural y estraccion.* El oro se encuentra al estado nativo y combinado con el cobre, la plata y el hierro. Se obtiene lavando las arenas auríferas y tratándolas con el mercurio: la amalgama se pasa al traves de una badana y luego se destila. En otras ocasiones despues de haber lavado dos ó tres veces las arenas, se funde en crisoles.

En el dia se esplotan las arenas del rio Sacramento en la California, y las de los Ourales en Rusia. En la Oceania tambien se ha descubierto el oro con abundancia; hay varios sedimentos que contienen el oro diseminado, el que viene á concentrarse en los rios, arroyos y barrancos. Los aparatos para la estraccion son lavaderos para concentrar las arenas y molinetes de amalgamacion.

El oro representa la riqueza pública, sirve para dorar, fabricar objetos de vajilla y joyeria: al estado de clórico lo emplea la medicina en la sífilis.

ALEACIONES DE ORO Y COBRE.

355. El oro puro tiene 24 quilates de ley, y el que se emplea para la joyeria es á 18 quilates; para bajarlo de quilate se

Se mezcla cierta cantidad de plata y cobre, lo que constituye la liga. Cuando la liga es toda de plata el oro tiene color verdoso, si es de cobre su color es rojizo. Para obtener una aleacion de oro que marque 18 quilates, se mezclan 12 p. de oro á 24, 2 de plata y 2 de cobre, y se consiguen 16 p. de oro de la ley indicada: esto se prueba como sigue: $12 \times 24 = 288 / 18 = 16$ p. de oro. Esta aleacion no es atacada por el ácido nítrico y tiene un hermoso color.

Ademas se obtiene la soldadura fundiendo 3 p. de oro á 18 quilates, 3 de plata y 2 de cobre.

PROTÓXIDO DE ORO. O^2Au .

356. Este óxido tiene el color violeta intenso, es insoluble en agua, resiste a la accion de la luz, y los ácidos no le atacan. El calor lo descompone, el ácido clorido-hidrogénico le transforma en clórido, depositando oro metálico y el amoniaco forma un compuesto fulminante.

Se prepara descomponiendo el protoclorido por una disolucion débil de potasa: el todo se satura por el ácido nítrico y el óxido se recoje al estado gelatinoso.

PERCLÓRIDO DE ORO. C^3Au^2 .

357. Este clórido tiene el color rojo oscuro, muy soluble en agua y alcohol, es higrométrico y casi imposible de cristalizar; la luz y el calor lo descomponen y con el ácido cloridrogénico forma un compuesto salino: se prepara disolviendo el oro en agua regia y evaporando el líquido hasta sequedad.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE ORO.

358. Las sales de oro se distinguen: 1.º con el amoniaco dan un precipitado de oro fulminante; 2.º con el sulfato de hierro, el protoclorido de antimonio y el zinc dan un precipitado de oro metálico; 3.º el éter sulfúrico se emplea para descubrir el oro; 4.º para las arenas auríferas se tratan tres veces por el ácido sulfúrico debilitado, luego por el agua regia y el clórido de oro se descompone por el cianido potasico hasta redissolver el precipitado, entonces por el galvano plástico se precipita el oro sobre una superficie de cobre ó laton plateado.

PLATINO. Pl . *Equivalente* 1232;08.

359. Este metal fué descubierto por D. Antonio Ulloa en 1765, y le dió á conocer en 1748. Wood ensayador de la Ja-

máica lo descubrió en 1741, pero no publicó su descubrimiento hasta 1750. En 1752 Scheffer indicó el modo de forjarlo, y en España en 1764 Alejo del Bosque que vivía en Madrid, presentó un método para fundirlo; sin embargo debemos à Zanetti el haber practicado en grande el arte de fabricar artefactos con este metal

360. El platino forjado es blanco, dúctil y maleable; el calor apenas lo dilata, adquiere un hermoso pulimento, y su densidad es de 21,4. No se derrite al calor de una buena forja, pero con la lámpara de hidrógeno se liquida. El aire no lo altera, tampoco descompone el agua y los ácidos lo disuelven cuando están mezclados: los álcalis con el calor obran sobre él, y se combina con el fósforo, el azufre, el cloro, el iodo, el bromo, el boro, el arsénico y con varios metales. En el comercio se conoce el *platino crudo*, el *platino en masa*, el *esponjoso*, el *precipitado* y el *negro*.

El platino se labra por medio del arsénico ó con el fósforo. También se estrae por via húmeda, y este método es el que se emplea en el día con ventaja. Por razon de sus propiedades se usa para fabricar varios aparatos y utensilios, y en algunos compuestos de importancia como reactivos.

BIÓXIDO DE PLATINO. O^2Pl .

361. Este óxido tiene el color amarillo, y negro si está al estado de hidrato: se descompone por un calor rojo y se reduce por todos los cuerpos oxidables. Se obtiene haciendo hervir el clórido de platino con el metal potasio, y una vez reducido el precipitado se descompone por el ácido sulfúrico ó por el acético: el nuevo precipitado es el óxido que se busca.

BICLÓRIDO DE PLATINO. Cl^2Pl .

362. Este clórido tiene el color rojo subido, es muy soluble en agua, de sabor estíptico, cristaliza en prismas, se descompone por el calor y da la esponja de platino: se combina con el ácido cloridrogénico y forma una sal, y cuando se une con los clóridos alcalinos da sales definidas. Se prepara disolviendo el platino en agua regia, y evaporando la disolución hasta sequedad. Es un excelente reactivo para descubrir la potasa.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE PLATINO.

363. Estos compuestos dan las siguientes reacciones: 1.º con la potasa un precipitado amarillo soluble en exceso de reactivo

con el ayuda del calor. 2.º con el amoniaco un precipitado amarillo soluble en una grande cantidad de agua y en el reactivo: 3.º con el zinc un precipitado pulverulento de color negro de platino metálico.

LECCION XXXII.

Galvano-plastia.--Aplicacion de los metales nobles al dorado, plateado y platinado galvánicos.

364. La galvano-plastia tiene por objeto precipitar sobre la superficie de un cuerpo convenientemente dispuesto, un metal combinado con otras sustancias y disuelto en un vehiculo. Esta precipitacion tiene lugar por la influencia de una corriente eléctrica poco intensa, la capa no está adherida al objeto, y presenta todos los contornos y detalles.

Desde remotos tiempos se precipitaban ciertos metales de sus disoluciones, lo que daba origen á la *cementacion*: en nuestros cursos de quimica hemos probado que el fósforo precipita el cobre del sulfato disuelto en el agua. Sin embargo, la galvano-plastia se debe á Spencer y Jacobi, quienes hacia 1838 obtuvieron resultados bastante satisfactorios.

Todas estas acciones y reacciones se verifican bajo la influencia de una corriente eléctrica, que se consigue con un aparato simple ó compuesto: en el aparato simple el objeto sobre que se precipita el metal hace parte del circuito galvánico, y en el compuesto la pila está fuera del baño, y el molde se pone en comunicacion con el reóforo negativo y el positivo con dicho baño.

Muchas veces conviene que los reóforos sean solubles, á fin de que el vehiculo disuelva una cantidad de metal igual al que se precipita; por este medio se consigue una disolucion constante, que suministra el metal que se precipita sobre el molde. Las pilas de Daniell y de Wollaston son las mejores.

Los moldes se construyen con aleaciones fusibles, ácido esteárico, yeso ú otra materia plástica: en los talleres de M. Chistoffe se emplea una pasta compuesta de 20 p. de gelatina de Rusia, y 2 de caramelo disuelto en agua caliente, procurando que cuando frio se presente sólido. Todos estos moldes se hacen conductoras con la probajina, que se estiende suavemente con un pincel.

Segun M. Boquillon, para obtener buenos resultados con la galvano-plastia, hay que atender á las condiciones siguientes: 1.ª á la intensidad de la pila: 2.ª al grado de concentracion y conductibilidad de la disolucion: 3.ª á la temperatura á que se opera, y 4.ª á la disposicion y magnitud relativa de los dos reóforos.

La esperiencia es la que puede dar reglas ciertas para establecer estas relaciones.

Por medio de este procedimiento se puede dorar toda clase de metales, mientras se hayan espuesto á ciertas operaciones preliminares. En general deben recocerse las piezas y limpiarse con ácido nítrico ó sulfúrico y nítrico: para el hierro y el acero se tratan con una legía de potasa y se limpian con ácido nítrico.

El baño para dorar se obtiene disolviendo 5 gramos de oro en el agua regia, y precipitando luego el oro por el cianuro de potasio al estado de cianuro de oro: este precipitado se redissuelve en 40 gramos de cianuro de potasio y se estiende con el agua suficiente hasta obtener diez decilitros; importa que en el liquido no quede ácido. Para los broncees debe operarse por el intermedio de un calor de 75.º

Varios otros cuerpos pueden reemplazar al cianuro de potasio; así es que el clórido de sodio ó de potasio, el hipo sulfido ó el sulfito de sosa, etc. tambien dan buenos resultados.

Para el plateado se dispone una disolucion formada de 5 gramos de plata disuelta en el ácido nítrico correspondiente, se trata luego por el cianuro de potasio y el precipitado se disuelve en 25 gramos de ferro-cianuro de potasio calcinado, añadiendo el agua suficiente hasta obtener 25 decilitros: algunos prefieren el sulfito de sosa.

El platinado se consigue formando un baño con clórido de platino, carbonato de potasa y sosa, al que se añade un poco de clórido de oro: la operacion se realiza elevando la temperatura. El mejor baño de platina se obtiene mezclando el clorido de platino con una disolucion de cianuro de potasio. Algunos han creido que se podian obtener vasijas con la superficie de platino, pero la esperiencia ha probado lo contrario, demostrando que la química es una ciencia *à posteriori*, dirigida por la antorcha resfulgente de la razon,

FIN.

INDICE

DEL

Compendio de fisica experimental y algunas

NOCIONES DE QUÍMICA.

N.º para
los exam.º Lecciones.

Páginas.

		Advertencia de la primera edicion. . .	VII.
		Prólogo de la segunda edicion.	XI.
		Rápida ojeada sobre la historia de la fisica.	XVI.
1.	I	Consideraciones generales acerca de la fisica: sus relaciones con las demás ciencias; importancia de sus aplica- ciones, y esposicion de los medios em- pleados en diferentes tiempos para adelantar en su estudio.	4.
2.	II.	Clasificacion de las propiedades de los cuerpos, haciendo notar la necesidad de estudiar separadamente las que únicamente pertenecen a la materia, las que exclusivamente correspon- den á los cuerpos, las que son comu- nes á unos y otra. Esplicacion de los tres estados en que los cuerpos se dividen.	7.
3.	III.	Estension. — Consideraciones acerca del modo de medirla y esplicacion del nonius ó Vernier. — Impenetrabili- dad. — Medios experimentales para hacer constar esta propiedad en los tres estados de los cuerpos, ya sea res- pecto de los de estado semejante, ya	

4	IV.	con los de estado diferente	10.
		Porosidad.—Razones para admitirla en todos los cuerpos y experimentos que lo confirman.—Divisibilidad.—Diferencia que presenta esta propiedad considerada matemáticamente ó físicamente.—Razones que prueban que la divisibilidad física no es ni puede ser indefinida.	16.
5.	V.	Compresibilidad.—Medios de asegurarnos de que esta propiedad reside en todos los cuerpos y determinacion de la ley que se manifiesta en los gases.—Elasticidad.—Experimentos que prueban que esta propiedad es general en todos los cuerpos, y clasificacion de los mismos con respecto á esta propiedad.	19.
6.	VI.	Inercia.—Esplicacion de sus leyes é influencia de esta propiedad para modificar la accion de las fuerzas.—Movilidad.—Esplicacion de esta propiedad.—Gravedad considerada solo como una causa de movimiento.—Cohesion.—Maleabilidad.—Ductilidad.	26.

Mecánica de los sólidos.

7.	VII.	Esplicacion de lo que entendemos por fuerza, de lo que se dá el nombre de resultante y de componentes.—Diferentes casos que concurren en el problema general de la composicion de fuerzas.	32.
8.	VIII.	Determinacion de la resultante en las fuerzas concurrentes cuando se hallan situadas en un mismo plano.	34.
9.	IX.	Determinacion de la resultante de las	

		fuerzas cuando ván en un mismo sentido.	39.
10.	X.	Determinacion de la resultante de las fuerzas paralelas cuando van en sentidos opuestos.—Pares de fuerzas. .	43.
11.	XI.	Aplicacion de las fuerzas paralelas á la investigacion del centro de gravedad, y determinacion de este punto en los diferentes cuerpos.—Esplicacion de las diferentes clases de equilibrio relativamente á esta cuestion.	44.
12.	XII.	Ideas generales sobre las máquinas, y clasificacion de las mismas segun el apoyo ú obstáculo sobre que insisten.	49.
13.	XIII.	Leyes del equilibrio en la palanca.—Esplicacion de la balanza comun y de la romana.—Sistema de palancas. . .	52.
14.	XIV.	Leyes de equilibrio en la polea.—Diversas disposiciones de las mismas.—Medios de calcular la relacion entre la potencia y la resistencia de esta máquina.	57.
15.	XV.	Condiciones para al equilibrio del torno.—Necesidad indispensable de la rueda espresa ó suplida.—Ruedas dentadas, medios de disponerlas, y aplicaciones mas notables á que dán lugar.—Cric ó gato.	60.
16.	XVI.	Condiciones para el equilibrio de los cuerpos en planos inclinados.—Idem de la cuña.	64.
17.	XVII.	Generacion del tornillo y leyes para el equilibrio en el mismo.—Esplicacion del tornillo sin fin.—De las cuerdas ó máquinas fonculares.	68,
18.	XVIII.	Exposicion de la influencia del rozamiento, y principios generales acerca de la cantidad de movimiento. . . .	71.
19.	XIX.	Movimiento uniforme.—Determinacion de sus leyes.—Movimiento uniformemente acelerado.	76.

20.	XX.	Leyes del movimiento uniformemente acelerado y retardado deducidas del triángulo de Galileo.	79.
21.	XXI.	Aplicacion de las leyes del movimiento uniformemente acelerado al descenso de los graves.—Máquina de Atwood.	84.
22.	XXII.	Descensos por planos inclinados.—Circunstancias notables que presenta la velocidad comparada con la misma cantidad en el descenso libre.	89.
23.	XXIII.	Generacion del movimiento curvilineo.—Relacion entre masas distancias al centro y velocidades.—Movimiento parabólico.	91.
24.	XXIV.	Movimiento oscilatorio.—Péndulo simple y compuesto.—Influencia de la longitud del péndulo en la duracion de las oscilaciones.—Aplicacion á la medida del tiempo y á la determinacion de la intensidad de la gravedad.	95.
25.	XV.	Leyes de la comunicacion del movimiento en los cuerpos duros y en los elásticos, consideradas como simples consecuencias en la ley de inercia.—Choque escéntrico.	100.

Mecánica de fluidos.

26.	XXVI.	Condiciones del equilibrio en los líquidos.—Principio de la igualdad de presion.—Determinacion de las presiones que sufre el fondo y las paredes de un vaso.—Paradoja hidrostática.	104.
27.	XXVII.	Equilibrio de los líquidos en vasos comunicantes.—Ampliaciones de esta propiedad.—Circunstancias que presentan los sólidos sumergidos en los	

		líquidos—Principio de Arquímedes. . .	111.
28.	XXVIII.	Aplicacion del principio de Arquímedes á la determinacion de las densidades de los cuerpos.—Procedimientos diversos sin el empleo de los areómetros.	113.
29.	XIX	Teoria y aplicacion de los areómetros sean de volúmen constante ò de volúmen variable.	118.
30.	XXX.	Movimiento de los líquidos.—Salida por orificios practicados en pared delgada.—Reaccion que produce la salida.—Determinacion del gasto ó cantidad de líquido derramado.	128.
31.	XXXI.	Salidas por tubos adicionales de diferentes formas.—Salidas por tubos largos.	128.
32.	XXXII.	Determinacion del peso y elasticidad del aire.—Pruebas de la presion atmosférica en todos sentidos.	132.
33.	XXXIII.	Medios de medir la presion de la atmósfera.—Barómetros de diversas formas.	136.
34.	XXXIV.	Aplicaciones mas importantes del barómetro—Constitucion fisica de la atmósfera.	140.
35.	XXXV.	Maquina neumática, su fundamento y aplicaciones.—Medios de conocer el vacio hecho.—Probeta.	145.
36.	XXXVI.	Bombas para la elevacion de las aguas, su teoria y mecanismo. —Fuente de compresion.—Idem de Heron.—Pipeta.—Fuente intermitente.	148.
37.	XXXVII.	Ariete hidráulico.—Prensa hidráulica.—Sifones.	153.
38.	XXXVIII.	Movimiento de los gases.—Medios de regularizar la salida.—Gasómetros.—Cuerpos flotantes en la atmósfera. . .	156.

Acciones moleculares.

39.	XXXIX.	Capilaridad.—Efectos que produce y esposicion general de su teoria.—Endósmosis.	162.
40.	XL.	Acústica.—Propagacion del sonido en los diferentes medios.	167.
41.	XLI.	Velocidad del sonido:—Variaciones de la intensidad.—Formacion de las ondas.—Modos de vibrar de los diferentes cuerpos. . . ,	174.

Del calor.

42.	XLII.	Idea general de los fluidos imponderados, y mas principalmente del calor.—Aparatos empleados para su medida.	178.
43.	XLIII.	Construccion de las diferentes clases de termómetros.	183.
44.	XLIV.	Calor radiante.—Influencia del estado de las superficies y esperimentos relativos á esta propiedad.	189.
45.	XLV.	Refleccion del calor.—Refleccion aparente del frio.—Aplicaciones de la radiacion.	193.
46.	XLVI.	Trasmision del calor radiante.—Aparato de Melloni considerado como un termómetro de gran sensibilidad. . . .	196.
47.	XLVII.	Dilatacion de los cuerpos por el calor.—Cohesiciente de dilatacion en los sólidos.—Dilatacion cúbica.	200.
48.	XLVIII.	Cohesiciente de dilatacion en los fluidos.—Aplicaciones de la dilatacion en general.—Péndulos de compensacion.—Termómetro de Brequet. . . .	205.

49.	XLIX.	Conductibilidad de los cuerpos sólidos, líquidos y aeriformes.	212.
50.	L.	Capacidad de los cuerpos para el calor.—Medios de medirla.—Consideraciones à que dà lugar.	216.
51.	LI.	Cambio de estado de los cuerpos.—Tránsito de sólido à líquido y viceversa.—Calor latente.—Medios de apreciarlo	221.
52.	LII.	Tránsito de líquido à vapor y regreso de este al estado líquido.—Calor latente del vapor de agua.	223.
53.	LIII.	Ebullicion.—Vaporizacion.—Evaporacion.—Estado globular.	227.
54.	LIV.	Tensiones de los vapores.—Medida de sus fuerzas elásticas.	232.
55.	LV.	Fenómenos meteorológicos dependientes del calor.—Rocio.—Escarcha.—Nubes —Lluvia.—Nieve.	235.
56.	LVI.	Higrometria.—Descripcion y usos de los higrómetros mas usados.	242.
57.	LVII.	De las máquinas de vapor.	247.

De la luz.

58.	LVIII.	Consideraciones generales acerca de la luz.—Medios empleados para medir su velocidad.	251.
59.	LIX.	Sombra y penumbra determinadas gráfica y experimentalmente.	256.
60.	LX.	Leyes de la reflexion de la luz.—Aplicacion à los espejos planos.	259.
61.	LXI.	Reflexion de la luz sobre superficies curvas. —Determinacion gráfica y experimental de los focos	262.
62.	LXII.	Ley de la refraccion de la luz.—Consideraciones aplicadas à los medios	

		terminados por superficies planas. .	627.
63.	LXIII.	Refraccion al través de los cuerpos terminados por superficies curvas.—Lentes.—Determinacion gráfica y experimental de los focos.	270.
64.	LXIV.	Determinacion del índice de refraccion de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos.—Reflecion total.—Espejismo.	275.
65.	LXV.	Descomposicion y recomposicion de la luz.—Colores complementarios.—Diversidad de espectros en la descomposicion.	279.
66.	LXVI.	Acromatismo presentado experimentalmente.—Aplicaciones.—Arco iris.	283.
67.	LXVII.	Ideas generales acerca de la doble refraccion de la luz.	286.
68.	LXVIII.	De la vision.—Descripcion del ojo humano.—Aplicacion de las lentes para los miópes y présbitas.	291.
69.	LXIX.	Instrumentos de óptica.—Cámara oscura.—Daguerreotipo. —Cámara lúcida.	295.
70.	LXX.	Microscópios —Anteojo astronómico.—Idem terrestre.—Telescópios. . .	298.

Del magnetismo.

71.	LXXI.	Magnetismo.—Fluido boreal y austral.—Polo Norte y polo Sur.—Atracciones y repulsiones.—Verificacion de sus leyes.	303.
72.	LXXII.	Propiedades del iman.—Atraccion.—Repulsion.—Direccion.—Declinacion.—Inclinacion.—Explicacion de estas últimas circunstancias.—Medios de apreciarla.	310.
73.	LXXIII.	Variaciones y perturbaciones de la agu-	

jaimantada.—Accion del iman sobre los demás cuerpos.—Medios de iman-
tar. 316.

De la electricidad.

- | | | | |
|-----|----------|--|------|
| 74. | LXXIV. | Idea general de la electricidad.—Mo-
do de escitarla por la frotacion. . . | 324. |
| 75. | LXXV. | Electricidad positiva y negativa. —
Atracciones y repulsiones.—Determi-
nacion de sus leyes. | 327. |
| 76. | LXXVI. | Electricidad por influencia.—Máquina
elèctrica —Esplicacion de su carga . | 332. |
| 77. | LXXVII. | Electricidad latente.—Medios de ha-
cer constar su presencia. | 340. |
| 78. | LXXVIII | Condensadores —Botella de Leyden. | 344. |
| 79. | LXXIX. | Influencia de los cuerpos terminados
en punta.—Aplicacion à los para-rayos. | 349. |
| 80. | LXXX. | Electricidad atmosférica; sus oríge-
nes.—Fenómenos que produce.—Gra-
nizo. | 353. |
| 81. | LXXXI. | Electricidad desenvuelta por presion
y por calor | 358. |
| 82. | LXXXII. | Electricidad Voltáica.— Diferentes es-
pecies de pilas. | 316. |
| 83. | LXXXIII. | Aplicaciones de la pila Voltáica.—
Descomposicion del agua.—Pilas de
corriente constante. | 368. |
| 84. | LXXXIV. | Accion de las corrientes sobre los
imanes y vice-versa.—Electro magne-
tismo.— Galvanómetro | 374. |
| 85. | LXXXV. | Accion de las corrientes unas sobre
otras —Corrientes por induccion. . . | 377. |
| 86. | LXXXVI | Electro-dinamica.— Su importancia
y aplicaciones mas notables.—espli-
cacion del magnetismo por medio de
las corrientes elèctricas. | 381. |

87. LXXXVII. Corrientes termo-eléctricas.— Descripción del termo-multiplicador de Melloni. 385.
48. LXXXVIII. Medios de producir magnetismo por medio de la electricidad, y recíprocamente producir electricidad por medio del magnetismo. 389.

ELEMENTOS DE QUÍMICA.

Nociones preliminares.

89. I Definición.—cuerpos simples y compuestos.—Número de los primeros.—Moléculas integrantes y constituyentes.—Enumeración y clasificación de los cuerpos simples.—Nomenclatura. 395.
90. II. Continuación de la nomenclatura.—Signos y fórmulas químicas.—Caracteres físicos y organolépticos para distinguir los cuerpos. 402.
91. III. Fuerza de agregación ó de cohesión.—Cristalización.—Dimorfismo y polimorfismo. — Isomorfismo. 408.
92. IV. Fuerza de combinación.—Causas modificantes. — Teoría electro-química.—Análisis y síntesis. 412.
93. V. Proporciones múltiples y equivalentes.—Teoría atomística.—Isomería.—Alotropía. 416.

De los cuerpos metaloides y sus principales combinaciones.

94. VI. Oxígeno. — Combustión. — Llama.—Respiración. 422.

95.	VII.	Hidrógeno.—Carbono.	426.
96.	VIII.	Carburo tetrahídrico—Carburo dihidrico	429.
97.	IX.	Fósforo.—Fósforos de hidrógeno. . .	432.
98.	X.	Azufre.—Iodo.—Bromo.	435.
99.	XI.	Cloro.—Fluor.—Nitrógeno.	438.
100.	XII.	Amoniaco.—Aire atmosférico.	441.

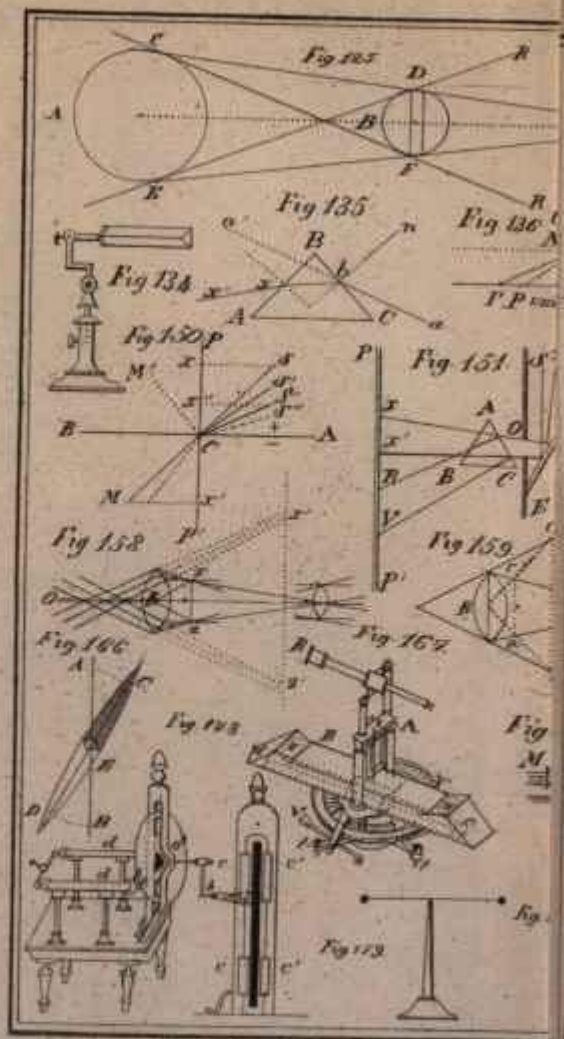
Oxidos y ácidos metaloideos.

101.	XIII.	Diferencia entre óxidos y ácidos me- taloideos —Protóxido de hidrógeno.	446.
102.	XIV.	Oxido de carbono.—Acido carbónico.	452.
103.	XV.	Acido sulfuroso.—Acido sulfúrico mo- no-hidratado.	455.
104.	XVI.	Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno.	458.
105.	XVII.	Hidrácidos.	462.

Metales y compuestos metálicos.

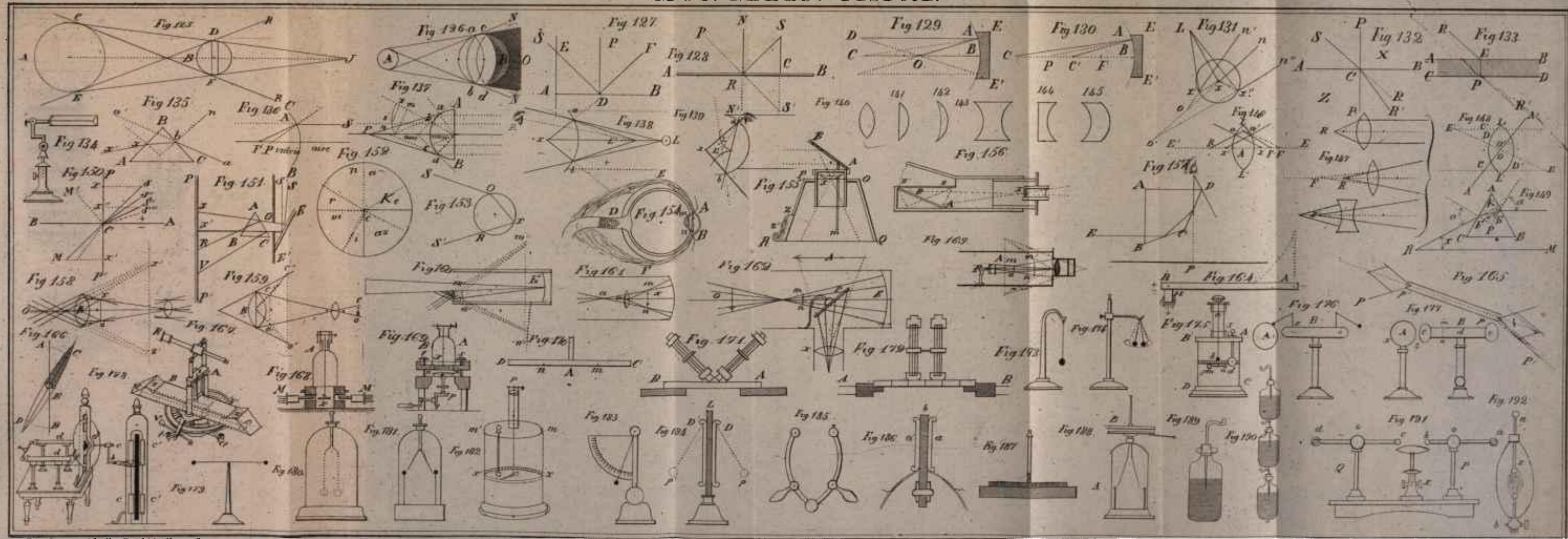
106.	XVIII.	Generalidades de los metales y de las aleaciones.	466.
107.	XIX.	Generalidades de los óxidos metálicos	471.
108.	XX.	Generalidades de las sales.—Caracte- res de los géneros á que correspon- den las de mayor uso.	473.
109.	XXI.	Potasio —Hidrato de protóxido de po- tasio.—Caracteres distintivos de las sales de potasa.—Nitrato y carbonato de potasa.	482.
110.	XXII.	Sodio.—Hidrato de protóxido de so- dio.—Clorido, carbonato y borato de sosa.	488.
111.	XXIII.	Calcio.—Protóxido de calcio.—Carac- teres distintivos de las sales de cal.— Hypo-clorito, sulfato y carbonato de cal.	492.
112.	XXIV.	Aluminio.—Oxido de aluminio.—Ca- racteres distintivos de las sales de alú- mina.—Sulfato de alumina y potasa.	

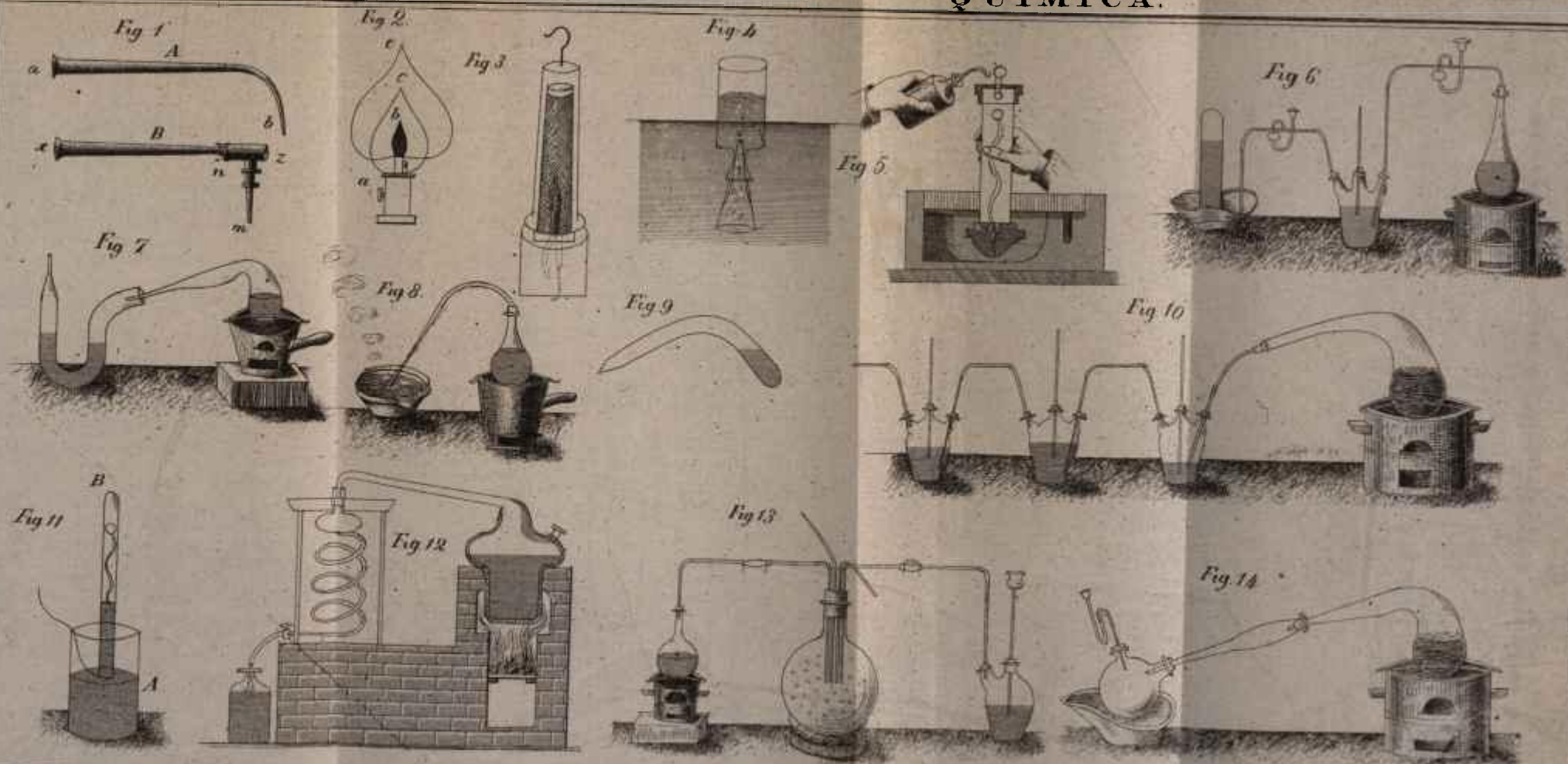
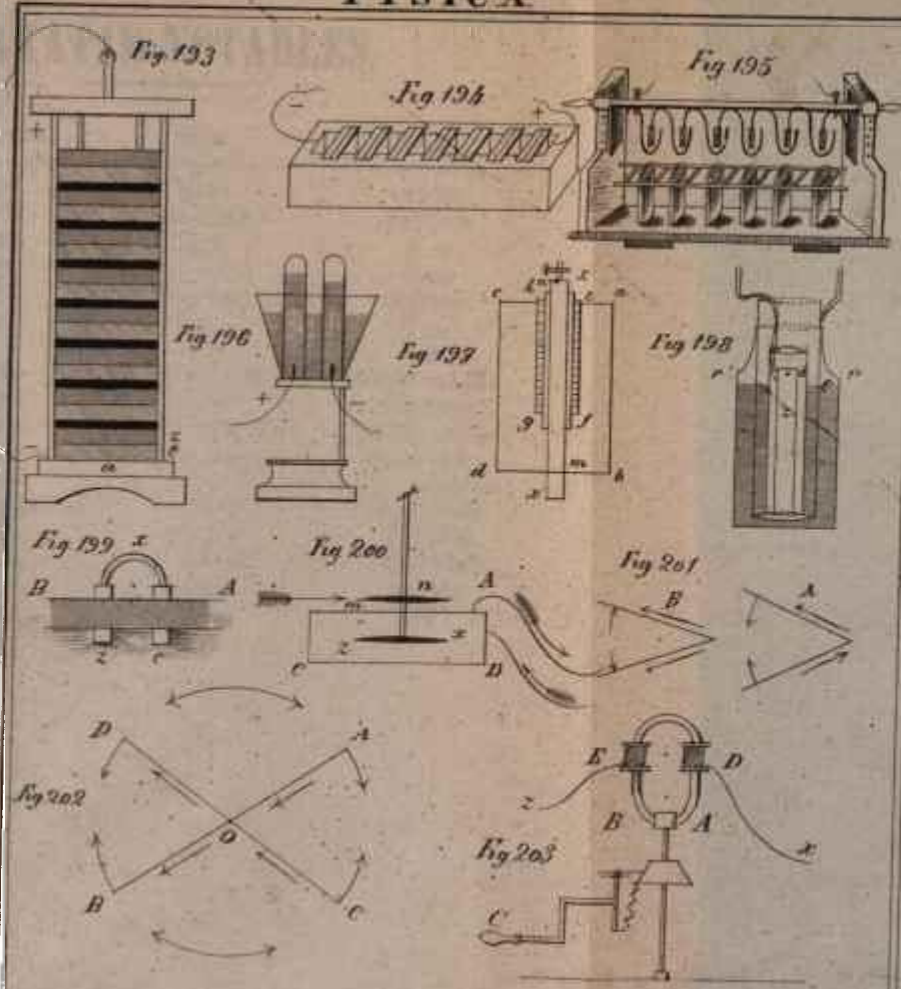
		—Vidrio.	495.
443.	XXV.	Hierro.—Fundiciones.—Acero.—Hoja de lata.—Moiré metálico.—Oxidos ferroso y férrico.—Caracteres distintivos de las sales ferrosas y férricas.—Sulfato de protóxido de hierro.	498.
444.	XXVI.	Zinc.—Protóxido de zinc.—Caracteres distintivos de las sales de zinc.—Estaño.—Protóxido de estaño.—Caracteres distintivos de las sales de protóxido de estaño.—Bisúlfido de estaño.	502.
445.	XXVII.	Plomo.—Aleaciones de plomo y estaño.—Protóxido de plomo.—Caracteres distintivos de las sales de plomo.—Carbonato de plomo.	506.
446.	XXVIII.	Cobre.—Aleaciones de cobre con el zinc y el estaño:—Protóxido de cobre.—Bióxido de cobre.—Caracteres distintivos de las sales de cobre.—Sulfato de bióxido de cobre.	509.
447.	XXIX.	Mercurio.—Amalgama de estaño.—Protóxido de mercurio.—Caracteres distintivos de las sales de mercurio.—Bisúlfido de mercurio	512.
448.	XXX.	Plata.—Aleaciones de plata y cobre.—Plaqué.—Amalgama de plata.—Protóxido de plata.—Caracteres distintivos de las sales de plata.—Nitrato de plata.—Fulminato de plata.	515.
449.	XXXI.	Oro.—Aleaciones de oro y cobre.—Protóxido de oro.—Caracteres distintivos de las sales de oro.—Biclorido de oro.—Platino.—Bióxido de platino.—Caracteres distintivos de las sales de platino.	518.
450.	XXXII.	Galvano plastia. — Aplicacion de los metales nobles al dorado, plateado y platinado galvánicos.	521.

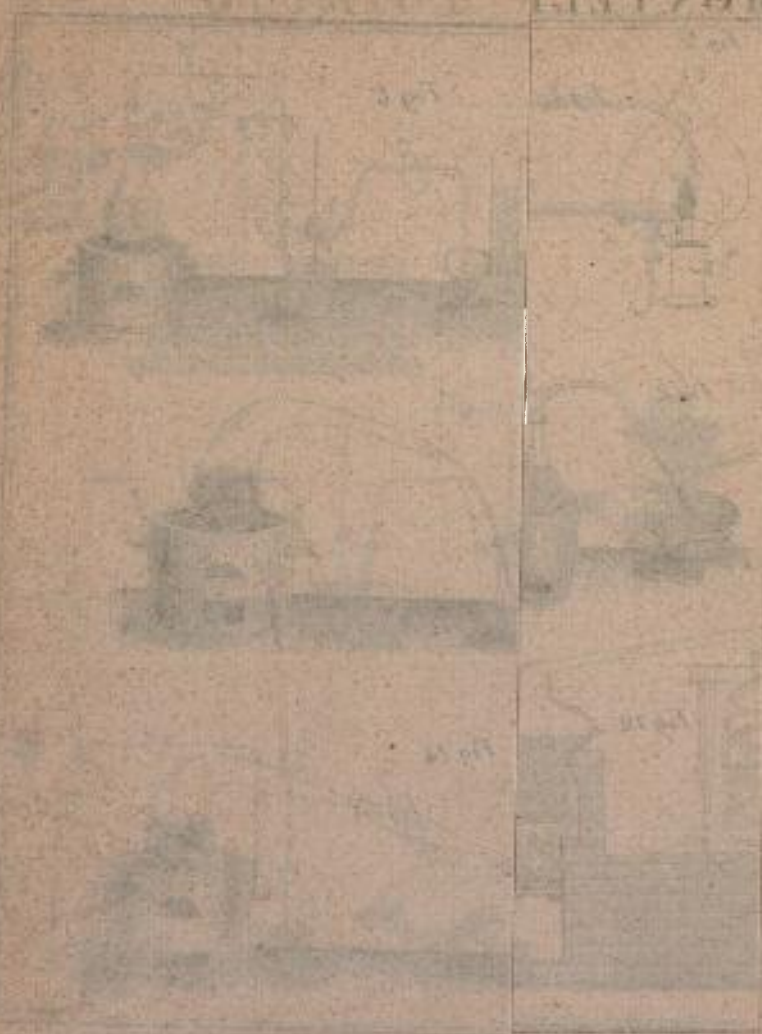


Las Carreras de Gmíl. n.º 41 - Granada.

MONTELLS. FÍSICA.







ERRATAS NOTABLES.

PÁGINA.	LÍNEA.	DICE.	LÉASE.
LXIV	37	1945	1745
22	10	presion	porcion
124	32	p, a	p. a
153	22	vase	base
157	26	anterior	exterior
210	20	$\frac{1}{700}$	$\frac{1}{770}$
223	7	40°	—40°
256	31	Leccion LXI.	Leccion LIX.
325	26	elástico	eléctrico
362	12	descomposicion	recomposicion
369	32	orgánico	inorgánico
378	23	y se atraen	y se repelen
407	penúltima	de plata	de potasa
441	12	O ³ S ₂ OM	O ³ S ₂ OH
445	4	15,293189	15,293187
481	2	ajuste	agente
489	11	60	50

180	11	00	20
181	5	1800	1800
182	4	12'302180	12'302181
183	17	022'0H	022'0H
184	1800	00 1800	00 1800
185	21	2 18 1800	2 18 1800
186	22	00 1800	00 1800
187	18	00 1800	00 1800
188	20	00 1800	00 1800
189	21	00 1800	00 1800
190	1	00 1800	00 1800
191	20	00 1800	00 1800
192	20	00 1800	00 1800
193	20	00 1800	00 1800
194	20	00 1800	00 1800
195	20	00 1800	00 1800
196	20	00 1800	00 1800
197	20	00 1800	00 1800
198	20	00 1800	00 1800
199	20	00 1800	00 1800
200	20	00 1800	00 1800

EMULSIS SOLVENS

