



R. 99.562

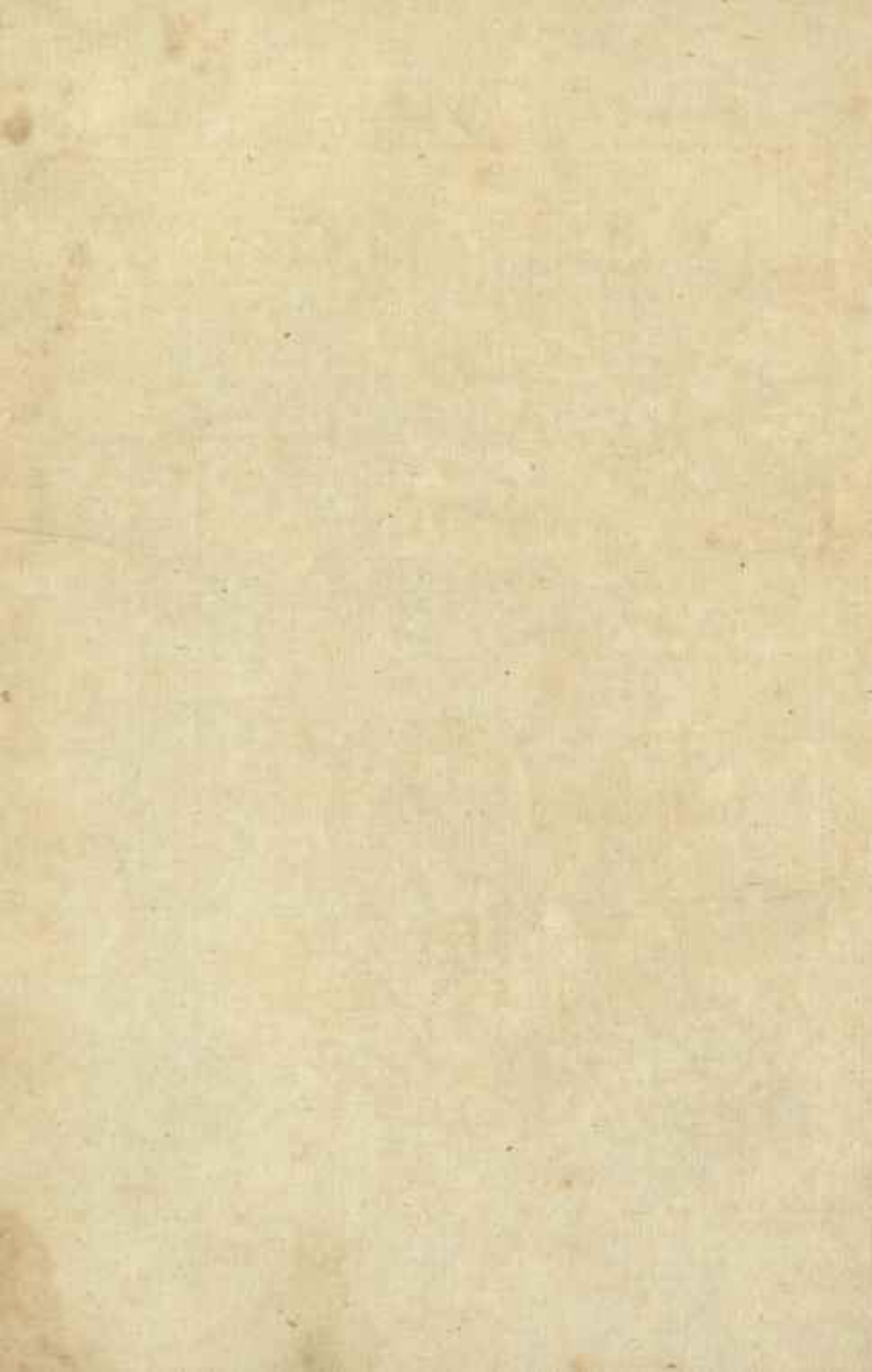


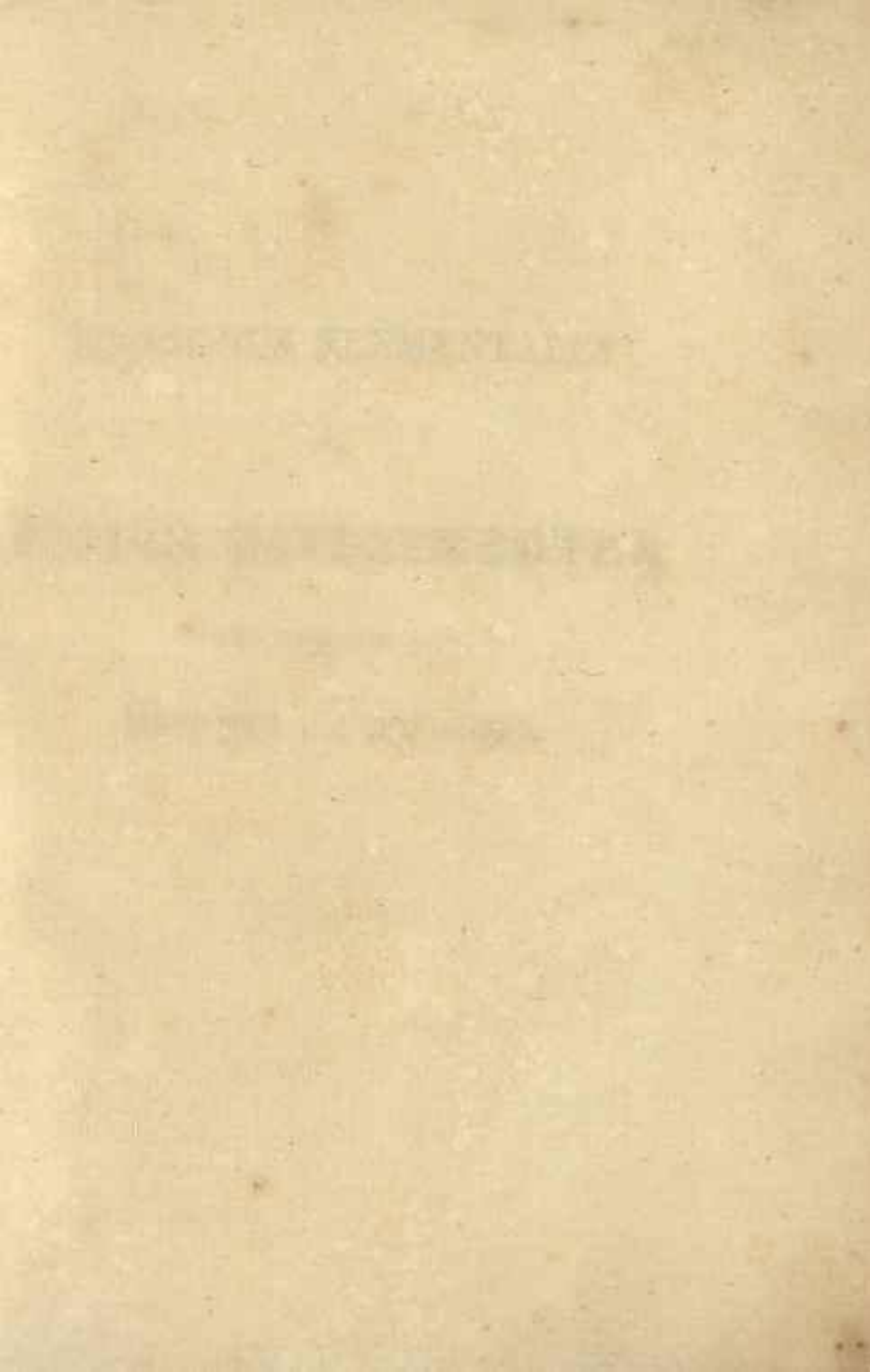
Secciones elementales
DE
FISICA EXPERIMENTAL
CON APLICACION Á LA
MEDICINA Y A LAS ARTES,

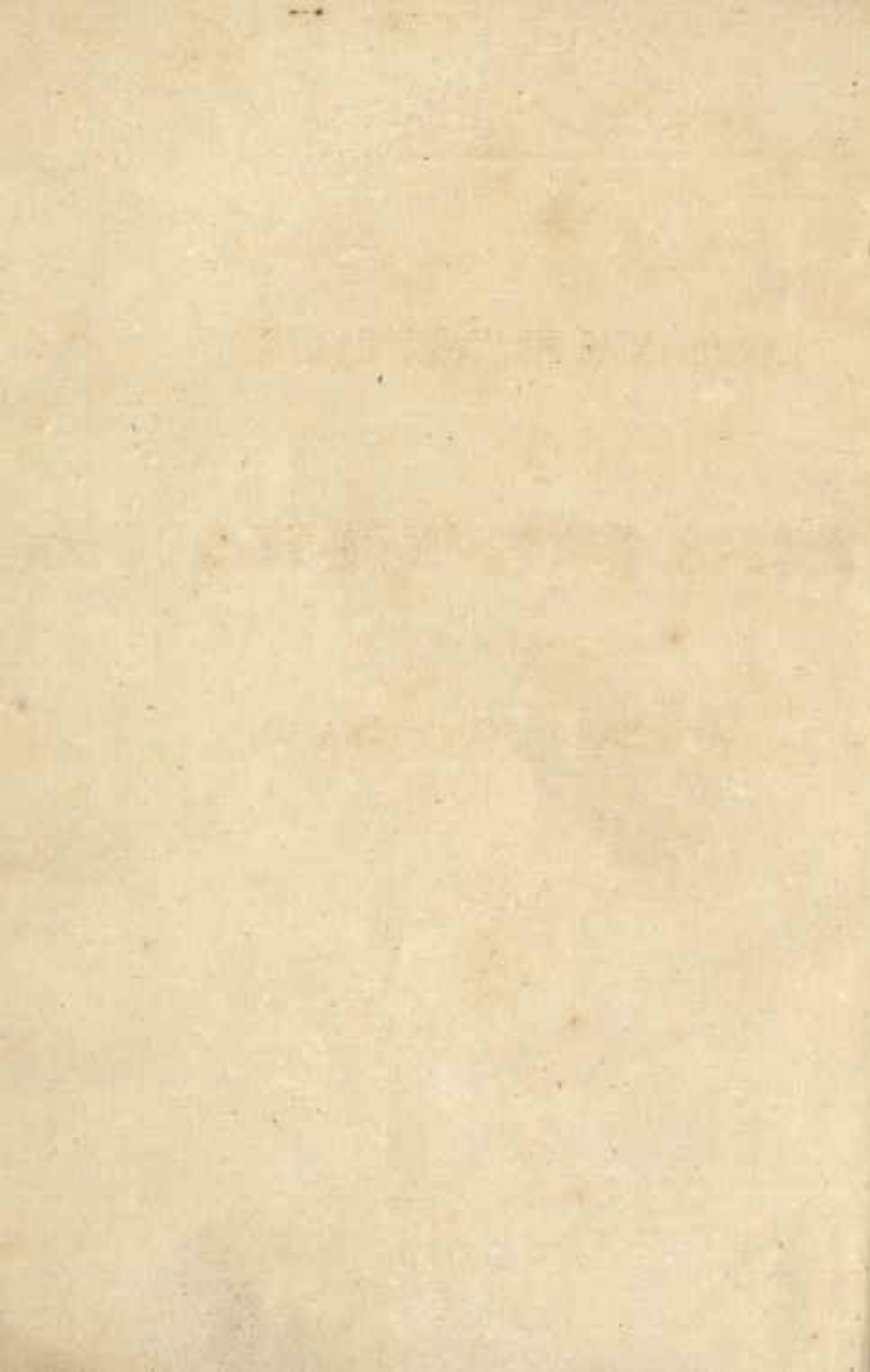


Cádiz: 1835.

Imprenta de la VIUDA É HIJO DE BOSCH.







S-XIX
8851

LECCIONES ELEMENTALES

DE

FISICA EXPERIMENTAL

CON APLICACION Á LA

MEDICINA Y Á LAS ARTES.

96

RECIBO DE
636

FISICA ESTERMINATA

CON ATENCION A LA

MEDICINA Y A LAS ARTES

LECCIONES ELEMENTALES
DE
FISICA EXPERIMENTAL

CON APLICACION A LA MEDICINA,

Y A LAS ARTES.

Para el uso de los Alumnos del Real Co-
sejo de Medicina y Cirujia

DE CÁDIZ.

REDACTADAS

*Por el Doctor D. José Maria Lopez, Catedrático de
Número encargado de la enseñanza de esta parte de los
conocimientos humanos en el referido establecimiento.*



Cádiz: Año de 1835.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE BOSCH,
CALLE DE LA VERÓNICA, NÚMERO 153.

96 605 Moya

LECCIONES ELEMENTALES

Lopez

FISICA EXPERIMENTAL

CON APLICACION A LA MEDICINA

Y A LAS ARTES

Esta obra es propiedad de su autor, y todos los
ejemplares van rubricados.

El Doctor D. Juan Lopez de Moya, autor de esta obra, ha
cedido a la Biblioteca de la Universidad de Valencia el
original de esta obra, para que se conserve en el archivo de la
Biblioteca.



Cádiz: año de 1886.

IMPRIMERIA DE LA VIUDA E HIJO DE BOSCH,
CALLE DE LA VERDAD, NUMERO 123.

Á MIS AMADOS DISCÍPULOS.

Y os consagro la presente obra, que he redactado para vuestra enseñanza. Os ofrezco el extracto de las lecciones que he explicado en mis cursos escolásticos anteriores.

Si estudiais las que publico para vuestra instruccion, cada uno apreciará mejor los servicios, que la ciencia puede suministrar en su profesion.

La asidua aplicacion de los que se dedican á el estudio de la naturaleza, desea solo por recompensa de sus deviles tareas vuestro S. S. S.

F. M. L.

PROLOGO.

Presentar á la juventud estudiosa los trabajos de célebres Físicos, que han recojido los mas sazonados frutos en el campo de la naturaleza, es el objeto de estas lecciones.

Podrán mirarse, pues, como un extracto de las obras antiguas y modernas de los laboriosos Muschenbroek, Sigaud de la Fond, Paulian, Brison, Chavaneau, Basaosabal, P. Pelletan, Biot, Gay-Lusac, Arago, Lives, Beudant, Baylly y otros Físicos del dia, tanto de sus tratados generales como particulares.

El principal cuidado ha sido evitar no menos la estremada brevedad, que hace notablemente incompleta muchas obras de este género, que la difusion embarazosa y capaz de retraer á los principiantes. Con este fin se han omitido varias cuestiones inútiles, que se hallan en AA. modernos, por otra parte despreocupados, recojiendo asimismo de sus escritos cuanto se ha creído que conduce á una instruccion elemental.

Las nociones Matemáticas de que se hallan adornados, los que se dedican á la adquisicion de la Física, como preliminares, son las indispensables

para aprender metódicamente esta parte de los conocimientos humanos; mas no las que forman un cuerpo completo de los diversos ramos á que se refieren; pero sí necesarias á los Jóvenes que entran en el estudio de la Física cuya carrera queremos facilitarle.

En las lecciones elementales que ofrezco, no se encontrarán los sublimes cálculos analíticos, ni los numerosos problemas con que han adornado sus obras los Profesores: tal vez se hecharán de menos las profundas investigaciones, que suelen hacerse sobre los fundamentos de cada una de las reglas ó principios, que se establecen.

Mas el Físico descansa sobre los trabajos del Matemático, y recibe de él los ciertísimos documentos, que son otras tantas palancas, que le ayudan á levantar los grandes pesos que ofrece la naturaleza.

Tambien carece de láminas que representan los aparatos y demas útiles con que se demuestran los principios en que á la verdad, se fundan los fenómenos; supliendose por la manifestacion y descripcion de todas ellas, al propio tiempo que se ejecutan los experimentos, que cada leccion ecsije; método, que induce seguramente al mas esacto conocimiento de la maquinaria, en sus aplicaciones y resultados. En las lecciones estan consignados los adelantos con que hasta el dia se ha enriquecido el estudio de la naturaleza.

Constituido en el estado de enseñar y careciendo de testo á el que deban arreglarse los discípulos en sus conferencias, me ví impulsado á formarlas, es-

tractando las que me sirven para las esplicaciones, sin mas interes ni objeto, que el de facilitarles el camino á que aspiran para llegar al fin grandioso, que se proponen en la carrera de las ciencias.

Dichoso si consigo ser útil á los discípulos, esperando que mi trabajo merezca la indulgencia de los sábios y de los amantes de las ciencias naturales.

tratando las que me sirven para las aplicaciones
sin mas interés ni objeto, que el de facilitar el
camino a que aspiran para llegar al fin querido;
que no proponen en las ciencias de las ciencias,
conviene al contrario ser útil a los discípulos, es-
perando que mi trabajo merezca la indulgencia de
los señores y de las señoras de las ciencias humanas.

En el presente trabajo he tratado de dar a conocer
los principios de la filosofía, y de facilitar el camino
para llegar al fin querido, que es el de facilitar el
camino a que aspiran para llegar al fin querido;
que no proponen en las ciencias de las ciencias,
conviene al contrario ser útil a los discípulos, es-
perando que mi trabajo merezca la indulgencia de
los señores y de las señoras de las ciencias humanas.

En el presente trabajo he tratado de dar a conocer
los principios de la filosofía, y de facilitar el camino
para llegar al fin querido, que es el de facilitar el
camino a que aspiran para llegar al fin querido;
que no proponen en las ciencias de las ciencias,
conviene al contrario ser útil a los discípulos, es-
perando que mi trabajo merezca la indulgencia de
los señores y de las señoras de las ciencias humanas.

En el presente trabajo he tratado de dar a conocer
los principios de la filosofía, y de facilitar el camino
para llegar al fin querido, que es el de facilitar el
camino a que aspiran para llegar al fin querido;
que no proponen en las ciencias de las ciencias,
conviene al contrario ser útil a los discípulos, es-
perando que mi trabajo merezca la indulgencia de
los señores y de las señoras de las ciencias humanas.

En el presente trabajo he tratado de dar a conocer
los principios de la filosofía, y de facilitar el camino
para llegar al fin querido, que es el de facilitar el
camino a que aspiran para llegar al fin querido;
que no proponen en las ciencias de las ciencias,
conviene al contrario ser útil a los discípulos, es-
perando que mi trabajo merezca la indulgencia de
los señores y de las señoras de las ciencias humanas.

En el presente trabajo he tratado de dar a conocer
los principios de la filosofía, y de facilitar el camino
para llegar al fin querido, que es el de facilitar el
camino a que aspiran para llegar al fin querido;
que no proponen en las ciencias de las ciencias,
conviene al contrario ser útil a los discípulos, es-
perando que mi trabajo merezca la indulgencia de
los señores y de las señoras de las ciencias humanas.

CAPITULO PRIMERO.

DE LA FÍSICA EN GENERAL.

LECCION PRIMERA.

Generalidades.

ARTICULO ÚNICO. **L**a segunda parte de la Filosofía se llama la Física: tiene por objeto el vasto espacio del universo, y todos los cuerpos que contiene: considera sus propiedades, y lo que pueden producir y sufrir: la relación de situación que tienen entre si los cuerpos grandes y pequeños del Universo, tanto celestes como terrestres, examina su disposición, considera su número, fuerza, efectos, causas, las distintas modificaciones de que son capaces, su magnitud, origen &c.

La física es la mas estensa de todas las ciencias, pues que tiene por objeto todos los cuerpos de la naturaleza.

El objeto de la Física, y principalmente el de la experimental que es de la que tratamos, es conocer los fenómenos de la naturaleza, y manifestar las causas de ellos con pruebas de hecho: con los hechos pues, es con lo que adquirimos el conocimiento de los fenómenos y otros hechos nos manifiestan las causas de ellos.

Se llama cuerpo todo lo que se puede ver y tocar ó todo lo que hace sentir alguna resistencia; y en una palabra cuanto comprenden nuestros sentidos.

Se llama espacio esta estension del Universo en quien se mueven libremente los cuerpos, y se da el nombre de movimiento al transporte de un cuerpo de una porcion del espacio á otra.

El Físico entiende por naturaleza la coleccion de todos los cuerpos que componen el Universo.

Algunas veces la voz naturaleza es la que significa el

poder invisible que gobierna el Universo, y que imprime en la materia movimientos sujetos á leyes invariables; otras veces se emplea para designar los principios, ó sustancias elementales de los cuerpos; así cree el químico conocer su naturaleza, cuando ha llegado á los últimos resultados de la análisis.

La naturaleza nos ha dotado de cinco sentidos, á saber: la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto. Estos organos estan destinados á recibir las impresiones de los objetos exteriores, cuyas impresiones son las que dan origen á las sensaciones y á las ideas.

Entiendese por propiedad todo lo que se nos presenta constantemente en los cuerpos, sea en su modo de existir, sea en su modo de obrar, sin conocer las causas.

Sin embargo hay algunos hechos cuyas causas ignoramos enteramente, pues no todo lo sabemos. Aquellos que siempre son uniformes, y siempre constantes, son á los que los físicos llaman propiedades; de las que se valen para dar razon de un gran número de fenómenos. No todas las propiedades de los cuerpos nos son conocidas, de lo que es prueba el descubrirse otras nuevas de tiempo en tiempo. Entre las que estan conocidas, las unas pertenecen indistintamente á todos los cuerpos; y las otras nada mas que á ciertos cuerpos esclusivamente á otros. Las primeras se llaman propiedades generales: tales son la Estension, la Divisibilidad, la Figurabilidad, la Impenetrabilidad, la Porosidad, la Rarefactibilidad, la Condensabilidad, la Compresibilidad, la Elasticidad, la Dilatabilidad, la Movilidad, y la Inercia: y las segundas propiedades particulares: tales son la Maleabilidad, la Fluidéz, la Liquidez &c.

Los cuerpos son sólidos ó fluidos.

Los sólidos son aquellos cuyas moléculas estan unidas entre si con mas ó menos fuerza; pero siempre capaz de oponer una resistencia sensible á su separacion.

Estos se dividen en duros y blandos ó moles.

Se entiende por cuerpo sólido ó duro, aquel cuyas partes estan tan intimamente unidas entre sí que resisten á los esfuerzos que se hacen para dislocarlas. No hay cuerpo alguno en la naturaleza que sea perfectamente duro; no se considera

como tal si no respectivamente á otro.

Damos el nombre de cuerpo mole ó blando á aquel cuyas partes unidas mas debilmente que en el precedente, ceden y se desvian con facilidad. Se conoce asi mismo que este estado no es fijo; y que admite mas y menos.

Los fluidos son aquellos cuyas moléculas tienen entre si tan débil union que ceden á la presion mas ligera.

Divídense principalmente los fluidos en dos clases.

Se da el nombre de liquidos á aquellos cuya compresion apenas se puede hacer sensible, tales son el agua, el aceite, el mercurio &c.

Llamanse fluidos aeriformes aquellos cuyas moléculas estan de tal manera atenuadas y separadas las unas de las otras, que se pueden aprocsimar con la mayor facilidad, y que su agregacion forma siempre un cuerpo invisible ó impalpable: tal es esta masa fluida que rodea el globo que habitamos.

La voz fenómeno, es una voz de origen griego que significa apariencia: esta se aplica á toda accion, movimiento, y en una palabra, á todo suceso que nos presente el espectáculo del universo.

A tres reinos pertenecen todos los diversos cuerpos del globo; á saber. Mineral, Vegetal y Animal, á los cuales se pudiera añadir un cuarto que se llamaria atmosférico.

Los cuerpos que constituyen parte del reino mineral se componen de partes heterogeneas, de cuyo concurso toman origen diferentes fluidos y diversas masas sólidas, de distintas figuras, magnitudes y solidéz. Todos estos cuerpos no son orgánicos; ni tienen organos, ni vasos y estan faltos de movimiento y de vida.

Los vegetales son cuerpos organizados, vivientes, guarnecidos de vasos, válvulas y glándulas; se pegan á la tierra como á su matriz, ó á otros vegetales, ó á algunas partes animales, de donde sacan el nutrimento que sirve para su manifestacion y crecimiento. Mientras que sube el jugo por sus canales vegetan, crecen y viven; pero luego que deja de subir ó se derrama, perecen.

Los animales son cuerpos organizados que sacan su alimento de los tres reinos de la naturaleza; tienen la facul-

tad de moverse adonde quieren; estan dotados de sentimientos; reciben distintas impresiones de los cuerpos exteriores; diversos humores circulan por todo el ámbito de sus cuerpos; los unos sirven de nutrimento á las partes donde van á parar; los otros, aquellos que son inútiles para su nutrimento se escapan y suben á la atmósfera. El animal vive mientras se verifica esta circulacion y perece luego que cesa.

Los cuerpos atmosféricos, aquellos que constituyen el cuarto reino de la naturaleza, son distintos fluidos heterogeneos que no toman ningun aumento; privados de vida y de sentimiento, se levantan y dan vueltas en la atmósfera.

Encierra pues la Física todos los conocimientos que pertenecen á la Historia Natural, y los que son propios de la Química: estas facultades en general no son sino dos partes esenciales de la Física. La primera presenta á los ojos del físico toda la estension del objeto que se propone conocer. La segunda especifica la naturaleza, principios y propiedades de este objeto, y concurren ámbas respectivamente á estender nuestras nociones físicas.

La economía animal que se mira con justa razon como la basa de la Medicina, es tambien dependiente de la física. Es la misma física aplicada á nuestras propias facultades, á las funciones que se ejecutan habitualmente en nosotros mismos, y es sin disputa alguna el objeto mas importante y digno de nuestras meditaciones é investigaciones.

Los progresos de la física dependen de los conocimientos que se pueden adquirir por un ecsámen reflexionado de todas las sustancias que componen parte de los tres reinos de la naturaleza.

Se distinguen tres especies de conocimientos: el primero que se llama Histórico, consiste en el conocimiento de los cuerpos, de sus propiedades y de sus fenómenos. Este conocimiento debe ser el primer objeto de las investigaciones del físico; es simple, cierto, y componen la basa de la física.

La segunda especie de conocimiento se llama filosófico; y consiste en la declaracion y demostracion de las causas, propiedades y fenómenos que se han descubierto en los cuerpos.

La tercera especie de conocimiento es llamada matemáti-

co: por el que se observan la intensidad de las causas, toda la estension de las propiedades y fenómenos, y se determina lo que debe seguirse de estos descubrimientos. Este conocimiento es el último que se debe usar, y ha de ser precedido de los otros dos

En la investigación y esplicacion de los fenómenos de la naturaleza, no debemos apartarnos de las reglas admirables que nos prescribió Newton, pertenecientes al verdadero modo de raciocinar bien.

1ª No se deben admitir por causas verdaderas de los fenómenos de la naturaleza, sino aquellas que se conocen por ser verdaderas y cuya verdad esta demostrada por esperiencias, por observaciones repetidas varias veces y de distintos modos, y que son suficientes para dar razon de los fenómenos que se deben explicar.

2ª Los efectos de la naturaleza que son del mismo genero reconocen las mismas causas.

3ª Las cualidades de los cuerpos que no sufren aumento ni disminucion, y que convienen á todos los cuerpos que podemos esponer á la esperiencia, deben ser miradas como cualidades generales.

4ª Las proposiciones que se deducen de los fenómenos que se observan en la fisica experimental pueden ser miradas como absolutamente verdaderas, ó á lo menos como que se acercan mucho á la verdad, no obstante las opiniones contrarias que parezcan destruirlas; hasta tanto que se hayan descubierto nuevos fenómenos que concurren á establecerlas mas sólidamente, ó que indiquen las escepciones que se deben hacer.

Por lo espuesto diremos, que las propiedades de los cuerpos se dividen en tres órdenes, siendo las del 1º aquellas que se encuentran en todos los estados y circunstancias de los mismos cuerpos: 2º las que convienen á ciertos estados de ellos, y las del 3.º á determinados individuos; así que daremos principio por las generales ó de primer orden.

Pero antes de principiari á tratar en particular de cada una de ellas con la estension debida al perfecto conocimiento de las propiedades del primer orden, se hace indispensable tenerlo de los medios de que se vale la fisica para

el ecsamen de los nuevos descubrimientos; tales son la análisis y la síntesis.

Llamase en física análisis: la reunion de todos los fenómenos y de todos los efectos de cada cosa que se presenta á las investigaciones.

Por síntesis: cuando habiendo descubierto varias causas y puestas en toda su evidencia se las mira como principales ciertos, apropósito para declarar los fenómenos que tienen relacion con ellas.

Ejemplo de la análisis: cuando se conoce que el fuego comun de nuestros hogares y el del sol tienen la propiedad de rarificar el oro, inmediatamente establezco esta proposicion particular: el fuego rarifica el oro; pero si despues adelantando mas mis investigaciones, descubro que el fuego produce el mismo efecto sobre los otros metales, sobre los semimetales, sobre varios minerales, sobre las partes animales y sobre las vegetales, entonces establezco esta proposicion universal: el fuego tiene la propiedad de rarificar todos los cuerpos; y esta proposicion por general que sea debe ser reconocida por verdadera. Continuando aun mis investigaciones si hallo algunos cuerpos que resisten á la accion del fuego y que no se dilatan ó que observo algunos que en vez de dilatarse se comprimen y encierran en límites mas pequeños, no por eso mi proposicion general será menos verdadera; pero padecerá una escepcion relativamente á las sustancias de que acabamos de hablar.

Ejemplo de la síntesis: cuando he descubierto que los cuerpos que se esponen á la accion del fuego, se dejan penetrar por la materia ignéa, y que el fuego manifestándose y obrando en todos sentidos los dilata, infiero que una piedra que tengo en la mano se dilatará si la espongo al ardor del fuego: y cada vez que me propongo dilatar un cuerpo y aumentar su volúmen, recurro al fuego como una de las causas que reconozco apropósito para producir este efecto.

Tambien usamos de analogía para aumentar el número de los conocimientos físicos. Suponiendo, por ejemplo, establecida una armonía entre las distintas partes del universo, y que las cualidades que sabemos pertenecen á las sustancias que conocemos, pertenezcan igualmente á aquellas

que aun no hemos ecsaminado; juzgamos que las propiedades que descubrimos en los cuerpos celestes convienen igualmente á los sublunares y alternativamente.

Asimismo llamaremos principios ó elementos à aquellas sustancias simples, ó mas bien homogéneas, que resultan de la última descomposicion de los compuestos, y que se mantienen constantemente las mismas é inalterables sin embargo de toda la actividad de los agentes que podemos emplear para descomponerlas.

Cuerpos homogéneos: los que son compuestos de partes de la misma naturaleza; mientras que heterogéneos los que son de distinta.

Asi tambien de la union de los principios de distintos órdenes que entran en la composicion de un cuerpo nacen sus partes integrantes.

Se entienden por estas partes las mas pequeñas que se pueden determinar en un compuesto, y que participan separadamente de todas las propiedades que descubrimos en el cuerpo á quien pertenecen. Por ejemplo de la union de los principios que entran en la composicion del oro, resultan partes pequeñas que se ocultan á la actividad de nuestra vista, pero que tomadas cada una de por si, son unas moléculas de oro y gozan de todas las propiedades de este metal.

CAPITULO SEGUNDO.

DE LAS PROPIEDADES GENERALES

Ó DE PRIMER ORDEN.

Estension y Figurabilidad.

ARTICULO PRIMERO. La materia considerada en si misma, prescindiendo de sus propiedades y afecciones, deberia ser el primer objeto de las indagaciones del físico. ¿Que es pues la materia? ¿En que consiste su esencia? Esta es sin con-

tradiccion alguna la primera cuestion que se presenta para resolver. Pero como solo sirve para habilitar la imaginacion de los que gustan de la metafísica, la dejaremos aparte, para no emplearnos sino en aquellas que se pueden tratar por medios verdaderamente físicos; omitiremos tambien todos aquellos principios metafísicos, y ficciones ingeniosas que discurrieron los físicos para dar razon de la formacion del universo material y de los cuerpos que incluye.

Estension.

ARTICULO SEGUNDO La estension es lo primero que se presenta á nuestros sentidos, ó lo que es lo mismo á nuestras ideas, luego que ecsaminamos ó que concebimos un cuerpo: asi que por estension se entiende una magnitud determinuada en la que concebimos siempre una agregacion de partes: La estension tiene siempre tres dimensiones, que son longitud, latitud y profundidad ó grueso, las cuales consideran y miden frecuentemente los geómetras cada una con separacion de las otras; y que los físicos no separan jamas á causa de que miran siempre las cosas tales como ellas son. Cada cuerpo, por pequeño que sea, tiene siempre una parte superior y otra inferior, una anterior y otra posterior, un lado derecho y otro siniestro; y todas estas tomadas juntamente, forman con precision una longitud, una latitud y una profundidad ó grueso. Luego todo cuerpo que tenga estas tres dimensiones es necesariamente estenso.

Figurabilidad.

ARTICULO TERCERO La figurabilidad es la propiedad que se halla en todos los cuerpos de tener siempre una figura cualquiera, es decir, la disposicion ú órden que toman entre si las superficies que terminan el volúmen de los cuerpos.

Llámase masa de un cuerpo la cantidad de materia de que se compone: volúmen, el mas ó menos de espacio que ocupa esta masa.

Las superficies que terminan los cuerpos, pueden variar y varian efectivamente al infinito, ya con respecto á su

magnitud, ya á su número, ya á su disposicion respectiva, de adonde se sigue que las figuras de los cuerpos son tan variables, y tal vez tan variadas entre si cuanto mayor es la posibilidad de poder combinar aun mismo tiempo la magnitud, el número, y el orden de la superficie.

De modo que observando los cristales de una misma sal parecen semejantes. Los de la sal marina, por ejemplo, son otros tantos cubos pequeños, cuyos ángulos estan cortados; los de la sal de nitro ó del salitre toman la forma de agujas pequeñas, ó mejor son otros tantos exagonos desatados cuyos lados son paralelógramos. Los del azucar son otros tantos globulillos pequeños &c.

Mas para conocer las diferentes figuras de los cuerpos demasiado pequeños, se valen los físicos de un instrumento conocido bajo el nombre de microscopio cuya descripcion podrá verse en las obras de física que tratan con estension de tales instrumentos, como en las de Biot, Libes &c.

LECCION SEGUNDA.

DE LA DIVISIBILIDAD E IMPENETRABILIDAD.

Divisibilidad.

ARTICULO CUARTO. No podemos tener idea de un cuerpo sin concebir un agregado de partes; luego todos los cuerpos deben ser considerados como compuestos de ellas. Es facil de concebir que estas partes, asi reunidas para formar un cuerpo, pueden ser separadas las unas de las otras, en virtud de lo cual se sigue que todos los cuerpos son divisibles. Luego la divisibilidad es una propiedad general de los cuerpos; de modo que no hay ninguno que sea realmente indivisible sino los átomos, en caso que ecsistan. Está probada esta divisibilidad relativamente á los cuerpos de una magnitud sensible; pues que nadie ignora que cada uno de estos cuerpos pueden dividirse en dos, en cuatro, en seis, en diez, en mil &c. partes.

Divídase un pedazo de madera hasta el punto de redu-

cirle en polvo impalpable; cada una de estas moléculas de madera, por pequeña que sea será todavía muy divisible por ser aun madera; y por consecuencia un ser compuesto de principios muy diferentes los unos de los otros, como el agua, la tierra, las partes aceitosas, salinas &c. que se pueden separar con la combustion, y de las que las unas se disipan bajo la forma de llama, las otras bajo la de humo, en tanto que otras quedan fijas formando la ceniza, la sal &c.

Disuélvanse algunos granos de cobre en un poco de ácido nitroso, y échese esta disolucion en una cantidad bastante grande de agua, y quedará todo este liquido sensiblemente teñido; ¿que division tan escesiva no se necesita tambien para esto, siendo preciso, para que el color sea sensible, el que haya muchas partículas en una gota de agua?

Cuando entramos en un jardin en el que hay flores y arboles odoríferos, como naranjos, rosales, varas de jesé, &c. se halla el aire perfumado de tal modo, con el olor de estas flores que lo notamos por todas partes. ¿Hasta que grado de tenuidad no deben estar reducidas estas partículas odoríferas, y hasta que punto no debe llegar su division, para estar distribuidas en tan grande espacio, siendo tan pequeño el que antes ocupaban en las flores que las exhalaban? Pues sin embargo aun son divisibles por ser probable que la manera con que cada una hiere nuestro organo y que la hace distinguir tambien de las demas depende de la diferente combinacion de los principios que la constituyen tal.

Las aguas de los rios turbias, las minerales, las infusiones son otras tantas pruebas de la divisibilidad de los cuerpos como lo son igualmente el resultado que dan las artes mecanicas del batidor y tirador de oro, los tintoreros &c. &c.

Pero habiendo llevado la division de los cuerpos al término mas distante que hemos podido, y faltandonos los medios de llevarla hasta mas lejos ¿que es lo que debemos pensar? ¿es la materia en fin divisible al infinito ó no? Cuestion es esta á la que es difícil responder.

He aqui pues á lo que puede reducirse la cuestion: la divisibilidad ideal, aquella que se puede concebir, no tiene límites: la divisibilidad física, posible al infinito ó no,

es asunto de sistema, y una cuestion que no podrá jamas revolverse, á causa de que siempre tendremos un término desde el cual nos faltarán los medios para seguir adelante. En fin la divisibilidad llevada hasta un punto estremo, y hecha en partes todavia mas tenues que todo lo que podemos imaginarnos de mas sutil, es la sola divisibilidad cierta, y la sola que puede probar la esperiencia.

Para efectuar la separacion de las partes de un cuerpo es menester emplear una fuerza repulsiva mayor que las que las mantiene encadenadas: esta fuerza repulsiva puede ser el efecto de una potencia mecanica, tal como la lima, el rallo, majadero &c. Puede tambien emplear el calórico el que como se verá despues, tiene la propiedad de apartar las moléculas de cuantos cuerpos se sujetan á su accion; los fluidos tales como el agua, el alcohol ó espiritu de vino; sirviendo tambien muchas veces al mismo fin los ácidos.

Impenetrabilidad.

ARTICULO QUINTO. La impenetrabilidad es aquella propiedad por la que dos cuerpos al mismo tiempo no pueden ocupar el mismo lugar, ó que tienen los cuerpos de no dejar ocupar á otros el sitio en que se hallan, sin que antes estos no les hayan hecho abandonar el espacio que los contiene. Esta propiedad se llama tambien solidéz, siendo por ella por la que los cuerpos resisten á los que se dirigen á ocupar su sitio. De que se sigue que la impenetrabilidad de los cuerpos sólidos es una propiedad incontestable. La de los líquidos no se manifiesta de un modo tan sensible; la grande movilidad de sus moléculas, y la suma facilidad con que ceden sin resistir á la mas ligera presion pueden producir dudas acerca de su impenetrabilidad. La de los fluidos aeriformes debe aun parecer mas equívoca. El aire atmosférico nos toca continuamente, nos toca igualmente por todas nuestras partes; pero el habito nos ha familiarizado tanto con su contacto que es menester reflexion para conocer la impresion que hace en nosotros.

De la impenetrabilidad se deduce 1.º el que por grande que sea la fuerza que se emplea para hacer bajar el émbolo

en una bomba no se puede jamas hacerle tocar en el fondo; 2.^o por que no se llena un vaso cuando se sumerje boca abajo; 3.^o porque un embudo cuya canal ajuste exactamente con el cuello estrecho de una botella no puede introducirle bien el licor: 4.^o porque un pedazo de papel pegado en el fondo de un vaso no se moja cuando se sumerje el vaso verticalmente boca abajo en una masa de agua; 5.^o porque el papel se moja si el fondo del vaso está agugereado, por estrecha que sea la abertura.

A la impenetrabilidad del aire se debe la invencion de la campana del buzo, que todos conocen ya, asi tambien otros varios fenómenos.

LECCION TERCERA.

DE LA POROSIDAD Y DEL VACIO.

Porosidad.

ARTICULO SESTO. Se da el nombre de porosidad, á la propiedad que gozan todos los cuerpos de dejar ciertos espacios vacios de su propia substancia ó materia: llamandose poros á estos pequeños espacios; lo que prueba evidentemente que la solidez de los cuerpos no corresponde á sus volúmenes.

Pero antes de tratar esta question, y de comprobar la universalidad de poros, creemos deber anteponer algunas definiciones necesarias para la inteligencia de varios terminos de que haremos uso frecuente en lo sucesivo.

El volúmen de un cuerpo se mide por el espacio que ocupa, ó por la estension de sus superficies; la cual comprende, no solamente las de las partes sólidas que le constituyen, sino tambien la de los espacios vacios que se hallan entre estas partes.

La densidad ó solidéz de un cuerpo es siempre igual á la suma de las partes que comprende bajo un volúmen dado. Un cuerpo es tanto mas denso cuanto mayor número de partes comprende bajo el mismo volúmen. Asi es, por ejemplo, que el oro es mas denso que la plata, porque el primero de estos dos metales contiene mas partes

que el segundo bajo el mismo volúmen.

Se llama densidad respectiva, la de un cuerpo comparada con la de otro.

Los poros se dividen por su número, figura, y magnitud: Llamandose cuerpo raro, aquel cuyos poros son mas numerosos y estendidos, y por consiguiente, que pesan muy poco bajo un gran volúmen.

No hay cuerpo alguno en la naturaleza que sea perfectamente sólido. Todos sin escepcion estan compuestos de partes sólidas mas ó menos intimamente unidas; y que dejan todas entre si pequeños espacios mas ó menos multiplicados y oprimidos.

Los experimentos con los cuerpos, tomados de los tres reynos prueban suficientemente la porosidad.

Tambien gozan de la porosidad los líquidos y los fluidos, como se confirma por las esperiencias hechas con varios líquidos, y aun el aire disfruta de esta propiedad.

Vacio.

ARTÍCULO SEPTIMO. Estando bien comprobada la ecsistencia y universalidad de poros, se presenta naturalmente una question que resolver; á saber, si estos poros innumerables que se advierten en cualquiera ente material, son vacios, ó estan esactamente llenos de una materia distinta de aquella á quien pertenecen.

Los antiguos físicos estaban muy distantes de creer que los poros que descubrimos en los cuerpos, sean perfectamente vacios, é igualmente persuadidos de que no estaban llenos.

Sin embargo los modernos estan conformes en admitir un pequeño espacio destituido de la materia, ó vacio relativo, y no absoluto; pues convienen en que los cuerpos puestos en movimiento desalojan á otros que les ofrecen menos resistencia, y pasan á ocupar el lugar que aquellos dejaron; mientras que es muy distinta la causa que produce los diferentes estados de los cuerpos.

LECCION CUARTA.

DE LA RAREFACTIBILIDAD, CONDENSABILIDAD,
COMPRESIBILIDAD Y ELASTICIDAD.*Rarefactibilidad.*

ARTICULO OCTAVO Los físicos entienden por rarefactibilidad aquella propiedad que tienen los cuerpos de aumentar de volúmen por medio de la accion del calor, y á esta accion en virtud de la cual aumentan de volúmen es á lo que se llama rarefactibilidad.

La verdadera causa de esta dilatacion, ó enrarecimiento es la introduccion de una cantidad mas ó menos grande de la materia del calor en los poros de los cuerpos; la que por su abundancia y accion los penetra, desvia sus partes, y aumenta asi su volúmen, haciendoles ocupar un espacio mas grande que el que ocupaban anteriormente. Todos los cuerpos ya sean sólidos, ya fluidos, ya líquidos, son susceptibles de este enrarecimiento; el que se verifica en todos, siempre y cuando que se los calienta, á menos que alguna causa mas poderosa no se oponga á este efecto,

Los del calor sobre los cuerpos pueden reducirse á enrarecerlos; porque la liquefaccion, ó la fluidez no es otra cosa que una rarefaccion mas grande que la que resulta de un grado de calor insuficiente para romper la adherencia de las partes; y la evaporacion no es mas que una rarefaccion llevada hasta su extremo grado.

Condensabilidad.

ARTICULO NUEVE. Es la condensabilidad aquella propiedad que tienen los cuerpos de disminuir de volúmen por la accion del frio; lo que jamas deja de sucederles siempre y cuando que pierdan una porcion de la materia del calor que se habia introducido en sus poros. Es facil de ver que esta propiedad es precisamente la contraria de la rarefactibilidad.

Asi como condensacion cuando, no hallándose ya las partes de este cuerpo tan sostenidas por la materia del calor, se acercan las unas á las otras, y se reducen á unos límites mas estrechos: en una palabra se presenta este cuerpo mas pequeño que antes.

Compresibilidad.

ARTICULO DIEZ. Esta propiedad comun á los cuerpos, es la de poder disminuir de volúmen por la accion de una causa exterior, como la presion ó la percucion.

En efecto, siendo porosos, esto es, dejando unos vacios entre sus moléculas, si á estas se las comprime haciendolas juntar, deben por consiguiente ocupar menos volúmen.

En las sustancias cuya porosidad se manifiesta inmediatamente á la vista como en la madera, el corcho, la piel de los animales &c. es estremadamente sensible la compresibilidad. Asi apretando entre los dedos un pedazo de corcho, ó de corazon de sauco, se ve, por decirlo así, la aprocsimación de las particulas: apretando entre los dientes un pedazo de madera se imprimen en ella señales que igualmente la indican; en estos diferentes cuerpos se aplanan los poros, y se aprocsiman sus paredes: sin embargo hay cuerpos estremadamente porosos en los cuales no se manifiesta la compresibilidad, porque siendo poco flecsibles no pueden desfigurarse las paredes de sus poros sin quebrarse; tal es por ejemplo la piedra pomez.

Deviendo no olvidar que la relacion que hay entre el volúmen y la masa, es lo que conocemos con el nombre de densidad; siendo un cuerpo mas denso que otro cuando difiere menos la cantidad real de su materia, de su magnitud aparente, ó lo que es lo mismo, cuando bajo un volúmen dado contiene mas partes sólidas: el plomo es mas denso que el cobre, el oro mas que la plata &c.

Incluimos la compresibilidad en el número de las propiedades generales, y decimos pertenece á todos los cuerpos; mas no por esto se deberá entender pertenece

á todos en un mismo grado pues que unos son muy comprensibles y otros muy poco.

Haremos ver oportunamente que el movimiento de reflexion es una prueba cierta de la compresibilidad de los cuerpos; pues que no puede reflejarse sin ser elásticos, y no es posible ecsista la elasticidad en un cuerpo no compresible.

Hay otros cuerpos que son mucho mas compresibles que los de que acabamos de hablar, los cuales disminuyen considerablemente de volúmen por medio de una presion poco fuerte; tales son los fluidos elásticos como el airé, los gases: por cuya propiedad son capaces de producir efectos muy singulares, de que hablaremos en tratando del aire.

Los líquidos aunque compresibles pueden resistir á unas presiones que comprimen fuertemente á los demas cuerpos: los que sacamos de los vegetales por medio de la espresion tales como el vino, la cidra, los aceites &c. no se separarian en modo alguno de las partes sólidas que los contienen, si estos líquidos fuesen tan compresibles como ellas. La facilidad que encontramos para estraer de los vegetales los jugos que la naturaleza ha preparado en ellos para nuestros usos, está casi toda fundada sobre la resistencia que oponen los líquidos á las fuerzas que se dirijen á comprimirlos.

Elasticidad.

ARTICULO ONCE. La elasticidad es la propiedad que tiene todo cuerpo comprimido ó estirado de hacer esfuerzo para restablecerse en su primer estado. Asi que, un cuerpo con elasticidad es aquel que despues de haber sido comprimido ó estirado por una fuerza cualquiera vuelve á tomar, luego que esta fuerza deja de obrar en el, las mismas dimensiones, y la misma figura que tenia antes de ser comprimido. Tal es un arco que se encorva mas al acortar su cuerda, y que recobra su primer situacion, si cortamos ó soltamos esta misma cuerda. Tal es tambien una bola de marfil ó de acero que se deje caer sobre un plano

de marmol; pues por su caída y su choque contra el marmol padece una compresion que hace entrar una parte mayor ó menor de esta esfera hacia su centro, haciendole perder su forma redonda: un instante despues ya no queda sobre la bola señal alguna de esta compresion, por haber recuperado con su elasticidad su forma redonda; lo cual ocasiona el movimiento reflejo que padece la bola en semejante caso.

Lo que acabamos de decir prueba que la elasticidad supone necesariamente, en los cuerpos que participan de ella, cierta compresibilidad; pues un cuerpo que no fuese compresible no podria ser elástico, porque no pudiendo mudar de figura no se hallaria en el caso de recobrarla. Asi como hemos hecho ver que todos los cuerpos son compresibles unos mas, y otros menos, del mismo modo tambien es facil concebir que todos son elásticos pero en grados diferentes.

Para que la elasticidad sea perfecta es preciso que el cuerpo se restablezca: 1º completamente; 2º con tanta prontitud como aquella con que fué comprimido. Si esceptuamos la materia de la luz y los fluidos aeriformes, no conocemos otros cuerpos que gocen de esta perfeccion de elasticidad pues que ninguno se restablece completamente y todos emplean en recobrar su estado mas tiempo que el que tardaron en perderle.

No todos los cuerpos son elásticos en un mismo grado y no hay alguno que lo sea perfectamente, por lo que se dividen en cuerpos elásticos ó no elásticos ó blandos; pues aunque gocen de esta propiedad no se hacen sensibles sus efectos.

Los liquidos tambien la disfrutan; pues son capaces de transmitir los sonidos. Los cuerpos sonoros deben tener una elasticidad muy activa: la de los metales de que se fabrican las campanas, campanillas &c. se aumenta haciendolos fundir con otros metales ó semi-metales, operacion que recibe el nombre de aligacion; por haberse observado que una mezcla de esta especie es mas dura mas firme y mas elástica que los metales simples de que se componen.

Todo cuanto se ha imaginado para dar razon de la causa de la Elasticidad, no son mas que conjeturas mal fundadas

y desmentidas frecuentemente por la experiencia. Algunos la creyeron en el aire, esponiendo que este fluido se introducía por los poros entre las partes de los resortes estendidos; pero todo lo desmienten los experimentos hechos en el vacío, en donde se vé la misma elasticidad en los cuerpos: otros imaginaron un fluido mas sutil que el aire comun, opinion tambien falsa y destruida por si misma; en fin varios físicos recurrieron á la fuerza repulsiva que tenían entre si las particulas de los cuerpos; mas de todo lo espuesto deberá concluirse que ignoramos cual sea la causa de la elasticidad.

LECCION QUINTA.

DE LA DUCTILIDAD, ESTENSIBILIDAD, FLECSIBILIDAD, DUREZA, TENACIDAD Y DILATABILIDAD.

Ductilidad.

ARTICULO DOCE. Se llama Ductilidad aquella propiedad que poseen los cuerpos de tener sus particulas colocadas de tal modo que permaneciendo adheridas entre si, pueden por un esfuerzo mas ó menos considerable resbalar unas sobre otras, y colocarse de un modo permanente en nuevas posiciones respectivas.

Hay cuerpos muy ductiles y poco ductiles: perteneciendo á la primera clase las arcillas humedas la almaciga, y las grasas de diferentes especies; cuyas substancias pueden ser estendidas, alargadas, estiradas y modeladas entre los dedos: mientras que á la segunda corresponden los que no manifiestan su ductilidad, sino cuando se someten á una fuerte presion; como el plomo, el estaño, y los diversos metales que generalmente se usan.

La mayor ó menor ductilidad de los cuerpos depende de la influencia de su temperatura, en el batido cuando son metálicos, y en el recocido de los mismos, así como sus diferentes grados produciendo mayor ó menor ductilidad. Todos estos fenómenos ofrecen desventajas, y

utilidades, según las aplicaciones que hacemos de esta propiedad.

Estensibilidad.

ARTICULO TRECE. La Estensibilidad es la propiedad que poseen ciertos cuerpos no ductiles de ser estendidos por la presion ó por la accion de dos fuerzas que tiran de sus partes en sentidos opuestos. Los cuerpos estensibles difieren de los cuerpos ductiles en que poseen al mismo tiempo una propiedad que se llama elasticidad, en virtud de la cual las partes vuelven mas ó menos completamente á su primitiva posicion cuando la fuerza deja de obrar, lo cual se puede ver por ejemplo, en la goma elástica, que se deja aplastar por la presion ó se estiende considerablemente, cuando se tiran sus partes en sentido opuesto, y vuelve á su primitiva forma cuando la fuerza cesa de obrar.

La estensibilidad puede ser por desarreglo momentaneo de las partículas y por mudanzas en la figura de los poros; si el corcho, la médula del sauco, y otros cuerpos sumamente porosos no presentan una estensibilidad bien palpable cuando se estiran en sentidos opuestos, es porque las celdillas que las componen tienen poca adherencia entre sí, por lo cual se rompen muy facilmente al menor esfuerzo que se hace sobre ellos.

Flecsibilidad.

ARTICULO CATORCE. La Flecsibilidad es la propiedad que poseen los cuerpos de dejarse encorbar hasta cierto punto antes de romperse.

Los cuerpos ductiles se dejan encorbar facilmente, y conservan sensiblemente la forma que han recibido; se les puede dar un ángulo de curvatura sumamente agudo, á no ser que su grueso sea demasiado considerable: se puede decir en general que en los metales el orden de flecsibilidad es absolutamente el mismo que el de ductilidad.

Los cuerpos mas eminentemente flecsibles se hallan

entre los despojos de los cuerpos orgánicos, y entre los diversos tejidos de que se componen. Se conoce la suma flecsibilidad de la seda, la de los pelos de diferentes animales, la de las pieles elaboradas de diversos modos: tambien se conoce la gran flecsibilidad del lino, cáñamo y algodón, y la de las telas que se elaboran con ellos.

La colocacion de las partículas de un cuerpo influye sobre la flecsibilidad; así tambien su grueso.

DUREZA.

EQUIVOCO DE ESTA ESPRESION EN EL LANGUAGE COMUN.

ARTICULO QUINCE. Se designa muchas veces por la espresion dureza, propiedades muy diferentes de los cuerpos. Asi pues, se dice que un cuerpo es duro, ya porque resiste con cierta fuerza á la accion de un choque, por el cual se quiere dividirlo, ó ya por la oposicion á blando ó flecsible, porque no cede cuando se le aprieta entre los dedos, ó ya en fin, porque no puede penetrar en él la uña ó un instrumento cortante. En general se dice que un cuerpo es duro, siempre que presenta una resistencia bastante notable á un esfuerzo cualquiera, pero estas diversas especies de resistencia, no están en razon directa unas de otras. Asi pues, un cuerpo que resiste á ser dividido por un instrumento cortante no resiste al choque: tal es el vidrio que no podria cortarse con un cuchillo, y se rompe con la mayor facilidad. De aqui resulta que es necesario para decir que un cuerpo es duro el enunciar de que modo se experimenta su dureza, sin lo cual se podria caer en graves errores.

Pero en Física se entiende por dureza la resistencia que el cuerpo opone á ser dividido por un instrumento cortante ó á ser desgastado ó rayado por tal ó tal cuerpo. Se dice que un cuerpo es mas ó menos duro que otro, conforme puede rayarle y desgastarle, ó que no es rayado ó gastado por el. Por ejemplo, el vidrio

es mas duro que el mármol, porque rayá á este cuerpo, y es menos duro que el cristal de roca, porque es rayado por este. El diamante es el cuerpo mas duro que se conoce, por lo mismo no se puede tallar ni pulimentarle sino por medio de sus propios polvos.

Tambien se debe tener presente la diferencia entre la facultad de ser rayado ó la de ser desgastado. Aunque indicamos aqui la facultad de ser rayado ó desgastado, para espresar la dureza de los cuerpos, no debe creerse que los resultados obtenidos por estos dos medios puedan compararse esactamente. Citaremos solo un ejemplo. La piedra pomez es rayada por el vidrio y no le raya, de donde se concluirá que es menos dura; pero la piedra pomez desgasta al vidrio, y no es desgastada por el, de donde es menester concluir que es mas dura que el vidrio; resultado diametralmente opuesto.

Se vé por estas diferentes observaciones que es muy difícil establecer con alguna precision los grados comparativos de dureza de los diferentes cuerpos.

La dureza depende igualmente de la cohesion. En general la resistencia á ser rayado ó desgastado un cuerpo depende de la cohesion de sus partículas. Asi es que el mármol blanco es mas duro que la creta, aunque estas dos sustancias tengan absolutamente la misma composicion. El záfiro que no contiene sino arcilla, es infinitamente mas duro que las masas de esta sustancia obtenida por las operaciones químicas; tambien es mucho mas denso.

El grado de temperatura á que se hace el experimento, influye tambien sobre los resultados de un modo sumamente notable. Asi es que se desgasta un metal mas facilmente cuando está en el grado de calor rojo, que cuando está en la temperatura ordinaria. La fundicion de hierro, por ejemplo, se corta con suma facilidad con la sierra cuando está enrojecida: lo mismo sucede con el vidrio, y poco mas ó menos con todas las sustancias susceptibles de adquirir algo de ductilidad por la accion del calor.

Variaciones de la dureza en los metales batidos ó templados.

Muchas operaciones mecánicas hacen tambien variar la dureza de los cuerpos. Todo el mundo puede observar que los metales batidos son mas duros que los simplemente fundidos: tambien son mas susceptibles de tomar un pulimento mas vivo, como lo saben perfectamente los artistas que batien todo lo posible las piezas á que quieren dar mucha brillantéz.

Esta diferencia proviene sin duda de la colocacion forzada que toman las partículas de los cuerpos durante el batido ó templado. En efecto, en los metales batidos las partículas metálicas han tomado una disposicion particular como es facil concebir desde luego, puesto que las operaciones del forjado, batido, &c. producen el efecto que se espera haciendo resbalar las partículas de los cuerpos unas sobre otras, lo que desarregla precisamente la colocacion natural proveniente de la cristalización. Todas estas observaciones prueban que el estado de agregacion de las partículas se ha mudado enteramente por la operacion del temple; y que las moléculas no se hallan ya colocadas en las relaciones de posicion que conservarían si hubiesen sido abandonadas libremente á sus mutuas atracciones. Los metales templados son pues físicamente cuerpos diferentes de lo que eran antes, y no es extraño que posean propiedades particulares.

Tenacidad.

ARTICULO DIEZ Y SEIS Comprendemos bajo el nombre de tenacidad la resistencia que los cuerpos oponen á romperse de un modo cualquiera.

Puede ensayarse esta resistencia de los cuerpos de cuatro modos diferentes, á saber.

- 1º Por el choque.
- 2º Por un esfuerzo que obra perpendicularmente sobre la mayor dimension del cuerpo.
- 3º Por un esfuerzo que tiende á tronchar el cuerpo.

4º Por un esfuerzo que tira las partes del cuerpo en sentidos contrarios.

Dilatabilidad.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. La dilatabilidad es la propiedad que tienen los cuerpos de aumentar de volumen, y de ocupar un espacio mas grande, en virtud de la fuerza de su resorte, luego que cesa de ser retenido por los obstáculos. La mayor parte de los Físicos confunden la dilatacion con la rarefaccion por lo que creo no será fuera de propósito el distinguir estas dos propiedades: bien es verdad que en uno y otro caso los cuerpos aumentan de volumen; pero la rarefaccion es ocasionada por el calor, y la dilatacion lo es por la fuerza elástica; luego no se debe mirar como uno mismo dos efectos, que aunque semejantes en apariencia, son no obstante producidos por dos causas tan diferentes.

CAPITULO TERCERO.

LECCION SESTA.

DE LA MATERIALIDAD, EQUILIBRIO Y MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS.

ARTICULO PRIMERO. Todos los fenómenos causan impresion en los sentidos del Físico observador, esto es, de las moléculas materiales de los cuerpos, las que son como otras tantas masas absolutamente inertes, es decir, privadas de toda especie de espontaneidad. Pueden ser movidas, dislocadas, ó detenidas por causas exteriores é independientes de ellas; pero jamas nos dan la menor señal de una voluntad propia y libre. Si la bola que rueda sobre el paño de una mesa de villar, en virtud de la impulsión que se le ha dado, detiene poco á po-

co la velocidad de su movimiento, y al fin se para, es unicamente efecto de la continua resistencia que le oponen las asperezas del paño en que frota, y las moléculas del aire en que se mueve. Póngase un paño mas suave, y la misma impulsión hará mover á la bola mas largo tiempo; substitúyase un plano de mármol pulimentado, y bandas formadas por arambres metálicos, cuya elasticidad sea la mayor posible; y la duraciou del movimiento será incomparablemente mayor; lo cual indica, que seria indefinida si se pudieran quitar absolutamente los obstaculos. Lo mismo sucederia con la piedra que arrojamos de lo alto de una torre y que solicitada al mismo tiempo por esta impulsión y por la pesantez va á caer á cierta distancia, pierde igualmente su velocidad por efecto del choque con las partículas de aire que comprime unas con otras.

Todo pues, nos hace creer que la materia no puede por sí misma darse ni quitarse el movimiento ó el reposo; y que puesta una vez en uno de los dos estados, permaneceria así eternamente, si una causa estraña no viniese á obrar sobre ella.

Esta indiferencia, esta falta de voluntad propia, ha recibido el nombre de Inercia. Una sola clase de cuerpos parece exceptuarse de esta ley, á saber: los seres que se llaman animados, y que se mueven ó detienen por efecto de una voluntad interior; pero aun en estos las moléculas materiales que componen sus partes, y aun estas mismas partes, son absolutamente inertes. Su conjunto posee la cualidad de ser animado; pero separadas las partes dejan de vivir, y entran bajo las leyes ordinarias y comunes á todos los otros cuerpos.

La esperiencia hace descubrir aun en la materia otras muchas propiedades igualmente accidentales, es decir, que parecen no ser absolutamente indispensables para que los cuerpos materiales se manifiesten á nuestros sentidos; pero cuya concurrencia simultánea con las condiciones primitivas de la materialidad, es importantísimo conocer pues suplen por estas un gran número de casos, en que es indispensable observarlas. Tal es, por ejemplo, la

gravedad ó pesantez, como esplicaremos en su lugar. Entre los cuerpos naturales que se pueden ver y tocar, no encontramos ninguno absolutamente que no sea pesado, es decir, que no tenga tendencia á caer hacia el centro de la tierra cuando se le abandona asi mismo. Y pues todas estas propiedades van siempre juntas, la ecsistencia de una de ellas en un cuerpo nos basta para juzgar por induccion que todas las otras ecsisten en el mismo cuerpo. Asi aunque no podemos ver ni tocar el aire del mismo modo que vemos y tocamos los otros cuerpos, juzgamos que es una sustancia material porque es pesado capaz de compresion, y produce otros muchos fenómenos, todos semejantes á los que deben producir los fluidos.

La atraccion es aún otra de estas propiedades secundarias que suple á los testimónios inmediatos de los sentidos.

Hay tambien otros cuerpos, como la luz, los principios desconocidos de las dos electricidades positiva y negativa, ó resinosa y vitrea, los magnéticos, que se desenvuelven en los metales, y aun mas que los indicados el calor; todos los que no pudiendo medirse, ni pesarse, sus efectos y los fenómenos que estos producen, suficientemente nos dan pruebas de su materialidad.

Acabamos de ver que todos los cuerpos de una estension sensible, y cuya materialidad puede reconocerse inmediatamente estan formados por la acumulacion de una multitud de partículas materiales estremamente pequeñas, cuyo modo de agregacion es el que constituye al cuerpo sólido, líquido ó gaseoso. Hemos espuesto tambien los motivos que nos hacen considerar estas partículas como masas inertes incapaces de modificarse por si mismas y propias solo para obedecer á las causas exteriores que pueden obrar sobre ellas. Ahora bien considerando estas moléculas materiales en el estado de inercia, resultan en los fenómenos que presenta su conjunto ciertas condieiones necesarias, que son aplicables á todos los cuerpos independientemente de la naturaleza química de sus partes constituyentes, y solo como simples consecuencias de su materialidad. Tales son las leyes generales del equilibrio y del movimiento que se deducen.

matemáticamente de sola la inercia. Aunque esta deducción fundada enteramente sobre el cálculo, no puede demostrarse aquí, enunciaremos sin embargo sus principales resultados: pues segun lo que acabamos de ver, son de una aplicacion uiiversal y constante en el estudio de los fenómenos naturales.

Pero para hacer una esplicacion por simple que sea, nos es forzoso fijar ecsactamente algunas ideas fundamentales, por ejemplo, las de reposo, movimiento y fuerza. Empecemos pues, por definir el sitio en que se producen estos fenómenos. Para esto procuraremos concebir un espacio sin límites, inmaterial, inmutable, y cuyas partes, todas semejantes entre si, puedan ser penetradas libremente por la materia. Coloquemos en él las moléculas ó elementos materiales de los cuerpos, y por el pronto considerémos solo ecsistencia de estos elementos.

Este simple hecho será susceptible de dos modificaciones distintas, constituyendo el reposo absoluto y el movimiento: en el primero podrá suceder cuando una molécula subsista invariable en un mismo lugar; mientras que por influjo de causas exteriores se quite de donde está para ocupar otro lugar del espacio. El segundo llamándose reposo relativo, la permanencia de posiciones en medio de un movimiento comun. Tal es el caso de muchos objetos colocados en un barco, abandonado á la corriente tranquila de un rio, tal es igualmente el de todos los cuerpos terrestres que permanecen siempre fijos en un mismo punto de la tierra, están en reposo entre sí; pero la tierra que gira diariamente sobre sí misma les imprime un movimiento de rotacion, y los hace marchar á todos juntos por su órbita al rededor del sol, que á su vez arrastra acaso la tierra y todo el sistema planetario hacia alguna lejana constelacion. El reposo relativo, es pues, verosimilmente el único que ecsiste en el universo, ó á lo menos es el único que podemos observar con seguridad.

Esto nos conduce á hacer una especificacion análoga respecto al movimiento, y á distinguir los movimientos absolutos de los cuerpos, considerados con relacion al espacio inmutable de los cambios de posicion relativa que pueden

tener entre sí. Estos últimos se llamarán pues movimientos relativos, sea que el sistema de cuerpos en que se consideran se halle en movimiento, sea que se halle en reposo.

Segun la idea que la esperiencia nos dá de la inercia, no debemos considerar el estado de movimiento y el de reposo, sino como simples accidentes de la materia, que no puede esta darse á si misma, ni cambiarlos cuando ha recibido uno de ellos. Por consiguiente cuando la vemos pasar de uno de estos estados al otro, debemos concebir que este cambio es producido y determinado por la accion de causas exteriores. Estas causas, sean las que quieran, se designan en general con el nombre de fuerzas. La naturaleza nos ofrece un gran número de ellas, que son, á lo menos en apariencia, de diferentes especies. Tales son las fuerzas producidas por los músculos y organos de los animales vivos, cuyo ejercicio depende casi siempre únicamente de su voluntad. Tales son tambien las que producen los agentes físicos, como la dilatacion de los cuerpos por el calor, su condensacion por el enfriamiento &c. Hay otros que parecen inherentes á ciertos cuerpos, como lo es la atraccion del imán respecto al hierro, y la que se verifica entre los cuerpos electrizados. Son fuerzas del mismo genero las que producen la caida de los cuerpos hacia el centro de la tierra, las afinidades químicas, y la circulacion de los planetas al rededor del sol. Ignoramos absolutamente la naturaleza íntima de esta fuerza; y nos sería imposible decidir, si son estrañas á la materia, ó propias de su esencia, sin embargo, es útil y filosófico separarlas de ellas con el pensamiento, á fin de no tener que considerar en la naturaleza física sino masas inertes solicitadas por causas de movimientos. Cada fuerza se caracteriza y define conforme á las circunstancias particulares de su modo de obrar. Desde luego es preciso fijar el punto material á que se aplica, y la direccion en que se ejerce; en seguida se debe hacer conocer su energia, ó segun la espresion tennica su intensidad.

En fin para acabar de definir una fuerza es preciso hacer conocer si su accion es súbita é instantanea, como un simple choque que no se repite, ó si es reite-

rada y durable como la pesantez, que como veremos, continua siempre obrando sobre el cuerpo que cae con tanta energia como cuando empezó á moverse. Este segundo modo de obrar puede referirse al primero substituyendo á la continuidad de las fuerzas, una succion de acciones, separadas unas de otras por intervalos insensibles de tiempo, iguales todas entre sí, si la fuerza que se quiere representar es constante, ó de diferente intensidad si es variable. Por este medio se consigue no tener que considerar mas que el efecto de las impulsiones violentas que se hacen sufrir á las moléculas materiales absolutamente inertes, ya sea en el estado de reposo, ya en el de movimiento.

LECCION SEPTIMA.

DE LA MOVILIDAD, INERCIA, MOVIMIENTO EN GENERAL Y SUS DIFERENCIAS, FUERZAS MOTRIZ, MUERTA, VIVA, MASA DE LOS CUERPOS, DIRECCION DE LOS MOVIMIENTOS, ESPACIO CORRIDO Y TIEMPO EMPLEADO.

Movilidad.

ARTICULO SEGUNDO. La Movilidad, es la facultad que tienen todos los cuerpos para recibir el movimiento que se les comunica.

No hay cuerpo ninguno que no pueda ser puesto en movimiento por una fuerza suficiente para ello; de lo que se deduce ser la movilidad una propiedad general de los cuerpos, que pertenece á todos indistintamente, aunque no en un mismo grado; por estar fundada en ciertas disposiciones que no se encuentra igualmente en todos los cuerpos; y esto es lo que hace que los unos sean mas movibles que los otros, es decir, que no haya precision de emplear tanta fuerza para hacerles pasar del estado de reposo al de movimiento. Las principales de estas disposiciones son la figura del cuerpo, lo mas ó menos áspero de su superficie, y su masa ó la cantidad de materia contenida bajo su volumen.

Inercia.

ARTICULO TERCERO. La Inercia de los cuerpos es la resistencia de que acabamos de hablar: es la accion con que todo cuerpo resiste á toda variacion de estado; es decir, la accion con que resiste al movimiento cuando se halla en reposo, ó con la que resiste al reposo ó á un movimiento mas pronto ó mas lento cuando está puesto en movimiento.

Es pues, la Inercia una fuerza, que reside en todos los cuerpos, y que está inherente á ellos en cualquier estado que se encuentren; pero no lo está en todos en un mismo grado, por ser siempre del mismo modo que la pesantéz, proporcional á la masa ó á la cantidad de materia, propia de cada cuerpo.

Hay autores que han confundido la fuerza de Inercia con la pesantéz; sin embargo, aunque estas dos fuerzas tengan de comun el ser proporcionales á la masa ó á la cantidad de materia propia de cada cuerpo, son no obstante, esencialmente distintas la una de la otra.

La pesantéz no ejerce su accion mas que en una direccion; esto es, de arriba abajo; pues que siempre y cuando que un cuerpo cae libremente, cae perpendicular al horizonte, y la fuerza de Inercia resiste en cualquier direccion que se haga esfuerzo para mudar el estado de un cuerpo.

Del movimiento y de sus leyes.

ARTICULO CUARTO. Movimiento es el estado en que se halla un cuerpo cuando pasa ó se lleva de un lugar á otro, ya sea en totalidad, ya solamente con respecto á sus partes.

Los cuerpos pueden estar en Movimiento de dos modos; ó en totalidad como un coche tirado por caballos, ó un barco que lleva la corriente de un rio, que uno y otro varian continuamente de lugar y de relaciones con los objetos que los rodean; ó solamente con respecto á sus partes, como las alas ó aspas de un molino de viento que vuel-

ven al mismo sitio, por pasar sucesivamente cada una de sus partes por todos los puntos de la circunferencia del círculo que describen.

El Movimiento se divide en movimiento absoluto, movimiento relativo, movimiento simple, movimiento compuesto, movimiento rectilíneo, movimiento curvilíneo, movimiento reflejo, y movimiento refracto.

En un cuerpo que se mueve se debe considerar: 1º la fuerza motriz que imprime el movimiento á este cuerpo; 2º la masa de este cuerpo, con la cual resiste á la fuerza que intenta hacerle salir de su estado; 3º la direccion que toma este cuerpo en su movimiento, ya sea simple, ya sea compuesto: 4º el espacio que corre este cuerpo; 5º el tiempo que emplea en correr este espacio; 6º la velocidad del movimiento de este cuerpo, es decir la relacion del espacio que corre, y del tiempo que emplea en correrle; y 7º la cantidad de movimiento de este cuerpo.

1º *Fuerza motriz.*

ARTICULO QUINTO. Se llama Fuerza motriz, la de uno ó de muchos cuerpos empleados para mover á otros: tales es una impulsión dada á un cuerpo para hacerle caminar en una direccion cualquiera.

Fuerza muerta.

ARTICULO SESTO. La Fuerza muerta es aquella que obra sobre un obstáculo invencible; consiste por consecuencia en una simple tendencia al movimiento, que no produce efecto alguno en el obstáculo sobre que obra. Tal es, por ejemplo, la fuerza de un cuerpo pesado que se dirige á descender, pero que está puesto sobre una mesa, ó suspendido de una cuerda.

Fuerza viva.

ARTICULO SEPTIMO. La Fuerza viva es la de un cuerpo

que se halla en movimiento, que obra contra un obstáculo que cede, y que produce un efecto sobre él. Tal es la fuerza de un cuerpo que va á chocar á otro con una velocidad determinada, y que en consecuencia de su choque le arroja á una cierta distancia.

Algunos físicos han opinado que el modo de valuar las fuerzas era multiplicando la masa por la simple velocidad: otros multiplicando la masa, no por la simple velocidad, sino por el cuadrado de las velocidades, comprendiendo tanto las fuerzas muertas, como las vivas; pero los modernos han creído, se podrán pues, valuar las fuerzas motrices multiplicando las masas, ó por la velocidad simple, añadiendo la consideracion de los tiempos, ó por el cuadrado de la velocidad, esceptuando el caso en que los cuerpos van á chocarse con movimientos en direccion contraria.

Masa de los cuerpos.

ARTICULO OCTAVO. Los cuerpos resisten igualmente al movimiento y al reposo en virtud de su fuerza de Inercia, la cual es proporcional á su masa, ó á la cantidad de materia que contienen por pertenecer esta fuerza á cada parte de la materia. Luego un cuerpo resiste al movimiento que se le quiere imprimir, tanto mas, cuanto mas masa tiene, siendo todo lo demas igual. Así cuanto mas masa tiene un cuerpo, menos velocidad adquiere con una misma impulsión; de adonde se deduce que las velocidades de los cuerpos que sufren impulsiones iguales, están en razon inversa de sus masas.

Direccion de los movimientos.

ARTICULO NOVENO. Se dá el nombre de Direccion del movimiento á la línea que describe el móvil al dirigirse hácia algun punto del espacio; mediante á que no puede darse movimiento que no tenga una direccion particular; así, todo cuerpo que se mueve, se dirige hácia algun punto, y á esto es á lo que se llama direccion. Si este cuerpo no

obedece más que á una sola fuerza, ó á muchas con direcciones semejantes, se mueve con un movimiento simple, y no se dirige mas que á un solo punto.

Si muchas potencias, con direcciones diversas, impelen al cuerpo á un mismo tiempo, se nombrará compuesto.

La línea tirada de este cuerpo al punto hácia quien se dirige, ya se mueva con un movimiento simple, ya con un movimiento compuesto, representa la direccion del movimiento de este cuerpo.

Espacio corrido.

ARTICULO DIEZ. El Espacio que corre un cuerpo es la línea descrita por este cuerpo durante su movimiento. Si el cuerpo que se mueve fuese un punto, el espacio corrido no será mas que una línea matemática; pero como no hay cuerpo ninguno que no sea estenso, tiene siempre alguna latitud el espacio corrido; sin embargo, cuando se mide el espacio corrido por un cuerpo, no se hace atencion mas que á su longitud, que puede ser mas ó menos grande.

Tiempo empleado.

ARTICULO ONCE. Se llama Tiempo empleado, el que gasta un cuerpo en correr el espacio. Así, todo espacio corrido lo está en un tiempo cualquiera, que puede ser mas ó menos largo.

LECCION OCTAVA.

DE LA VELOCIDAD Y SUS DIFERENCIAS: CANTIDAD DE MOVIMIENTO: MOVIMIENTO ABSOLUTO: RELATIVO: SIMPLE: COMPUESTO: RECTILINEO: CURVILINEO: REFLEJO: REFRACTO: UNIFORME: ACELERADO; Y RETARDADO: LEYES DEL MOVIMIENTO: 4.^a DEL MOVIMIENTO SIMPLE Y DE LAS RESISTENCIAS DE LOS INTERMEDIOS.

Velocidad.

ARTICULO DOCE. La Velocidad de un cuerpo que se mue-

ve, es la facultad que tiene de correr un cierto espacio en un cierto tiempo.

Para conocer esta velocidad no se necesita mas que dividir el espacio por el tiempo; del mismo modo que para conocer el espacio se multiplica la velocidad por el tiempo. Sea por ejemplo un cuerpo que corre 1000 varas en 10 minutos, será su velocidad de 100 varas por minuto, por ser 100 el cociente de 1000 dividido por 10. Si se compara la velocidad de dos cuerpos, se tendrá la relacion siguiendo la misma regla.

La velocidad de un cuerpo que se mueve, puede ser uniforme, acelerada ó retardada.

Es uniforme la velocidad de un cuerpo, cuando corre espacios iguales en tiempos iguales. Supongamos, por ejemplo, que un cuerpo corre una vara en un segundo, otra vara en el segundo siguiente, lo mismo en el tercer segundo, y así de seguida, de modo que los tiempos y los espacios corridos en cada tiempo sean siempre iguales entre sí; este cuerpo tendrá una velocidad uniforme.

Es acelerada la velocidad de un cuerpo, si durante tiempos iguales y sucesivos, corre espacios que van siempre aumentando de mas á mas; ó si corre espacios todos iguales entre si, pero en tiempo que decrecen cada vez mas. Tal es la velocidad de un cuerpo que cae libremente, y que va mas apriesa hasta el fin de su caída que al principio.

Es retardada la velocidad de un cuerpo, si en tiempos iguales y sucesivos, corre espacios que van siempre decreciendo de mas á mas, ó si corre espacios todos iguales entre si, pero en tiempos que aumentan cada vez mas. Tal es, por ejemplo, la velocidad de una bola que rueda sobre el terreno, y que va aminorando su movimiento poco á poco, hasta quedar reducida al estado de reposo.

Tambien se divide la velocidad de los cuerpos, en velocidad absoluta, velocidad relativa, y velocidad respectiva.

La velocidad absoluta de un cuerpo es aquella que consideramos en si misma y sin relacion alguna con la velocidad de otro cuerpo, como cuando se considera la velocidad de un caballo que anda cuatro leguas en dos horas.

La velocidad relativa de un cuerpo es aquella que se compara con la de otro cuerpo, como cuando comparamos la velocidad de dos caballos que corren el mismo número de leguas, pero que el uno emplea mas tiempo que el otro en correr este espacio; en cuyo caso, son entre sí sus velocidades inversamente como los tiempos empleados.

La velocidad respectiva es aquella con que se corre el espacio que separa dos cuerpos, ó enteramente por uno de los dos, ó en parte por el uno, y en parte por el otro, es decir, sea que uno de los dos cuerpos quede en reposo, en tanto que el otro corre el espacio entero, sea que se muevan los dos en una misma direccion, ó en direccion contraria con velocidades iguales ó desiguales.

De todo lo espuesto se deduce que no se debe confundir la velocidad respectiva, con la velocidad absoluta ó propia de cada cuerpo.

Se llama tambien y en el mismo sentido velocidad respectiva, aquella con la cual se alejan dos cuerpos, el uno del otro, de un cierto espacio en un tiempo determinado, sean las que sean sus velocidades absolutas.

Cantidad de movimiento.

ARTICULO TRECE. La cantidad de movimiento de un cuerpo se aprecia ó valúa, multiplicando la masa de este cuerpo por su velocidad, por ser estas proporcionales á aquella; de suerte, que el mismo cuerpo tiene mas movimiento cuando tiene, ó mas masa, mas velocidad.

Un cuerpo que se mueve, puede mover á otros, y tanto mejor cuanto mayor sea la cantidad de movimiento que tenga; y como esta cantidad de movimiento es relativa á su masa y á su velocidad, y crece tanto con la una como con la otra, se puede tambien compensar la una con la otra segun las circunstancias. Siendo patente á todos que si se sacude velozmente con un martillo pequeño en un mismo clavo, se introduce este tanto como si se le diese con un martillo grande, pero lentamente.

Movimiento absoluto.

ARTICULO CATORCE. El Movimiento absoluto es la mutacion de relaciones de situacion de un cuerpo respectivamente á todos los cuerpos que están inmediatos á él, ó que le rodean. Tal es el movimiento de un hombre que va de un lugar á otro; pues que muda continuamente sus relaciones de situacion respectivamente á las diferentes partes del terreno que anda.

Movimiento relativo

ARTICULO QUINCE. Se dá el nombre de Movimiento relativo á la mutacion de relaciones de situacion de un cuerpo, relativamente á ciertos cuerpos que le rodean, sea de cerca sea de lejos, y no relativamente á otros. Por ejemplo, un hombre inmóvil en un barco que navega, está en reposo relativamente al barco y á lo que contiene, pero está en movimiento relativo, con respecto á la costa; y si en lugar de mantenerse en reposo se pasease en la embarcacion, estaría en movimiento relativo respectivamente al barco, y respectivamente á la costa, á causa de que este hombre por su movimiento propio mudaría de situacion con las diferentes partes de la embarcacion; y por su movimiento comun con el barco que le lleva, mudaría de situacion con los cuerpos que están sobre la costa.

Movimiento simple.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. Es Movimiento simple aquel, que tiene un cuerpo que se dirige únicamente hácia un solo punto; ya sea que este cuerpo esté impelido ó tirado por una sola potencia, ya que tenga muchas que le impelan ó tiren en la misma direccion. Luego un movimiento simple no es mas que el efecto de una sola impulsión, ó de muchas que obran juntas, ó sucesivamente en la misma direccion. Tal es el de un cuerpo grave, que no obedece mas que á su pesantéz; la cual le hace descender por una línea

perpendicular al horizonte. Tal es el de un coche tirado por caballos.

Movimiento compuesto.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Movimiento compuesto es aquel que tiene un cuerpo á quien se hace mover por dos ó mas potencias que obran á un mismo tiempo, y con direcciones diferentes; las que si se prolongan, forman ángulo, ó se cruzan pasando por el móvil.

Movimiento rectilíneo.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. El Movimiento rectilíneo es aquel que se hace en línea recta, el cual se verifica siempre con los movimientos simples.

Movimiento curvilíneo.

ARTICULO DIEZ Y NUEVE. El movimiento curvilíneo es aquel que se hace en línea curva. Tales son todos los movimientos compuestos, producidos por potencias que obrando juntas, varían á cada instante de relaciones, sea en cuanto á la dirección, sea en cuanto á la intensidad ó á la fuerza.

Movimiento reflejo.

ARTICULO VEINTE. Movimiento reflejo es aquel que recibe un cuerpo cuando encuentra un obstáculo impenetrable para él; tal como una pared, una roca, &c., el cual obstáculo le obliga á volver atrás, haciéndole saltar después del choque. Tal es el movimiento de una pelota, cuando después de haber chocado en la pared hacia la cual se arrojó, salta ó rechaza hacia la persona que la tiró.

Movimiento refracto.

ARTICULO VEINTE Y UNO. El movimiento refracto es el de

un cuerpo que pasa oblicuamente de un intermedio á otro mas ó menos resistente que el intermedio de adonde sale; y del que la mayor ó menor resistencia obliga al cuerpo á dejar su primera direccion. Tal es el movimiento de un cuerpo que pasa del aire al agua, ó del agua al aire, presentándose oblicuamente al plano que separa los dos intermedios.

Para que se verifique este movimiento son precisas absolutamente dos cosas, á saber; que el cuerpo mude de intermedio, y la obliquidad de incidencia sobre el plano que separa los dos intermedios.

Ademas hay otras varias especies de movimientos como el uniforme, acelerado y retardado, los cuales siguen y guardan la misma proporcion que la velocidad de estas especies.

Leyes del movimiento.

ARTICULO VEINTE Y DOS. Se llaman *Leyes del movimiento*, ciertas reglas, segun las cuales se mueven los cuerpos cuando obran los unos contra los otros.

Hay dos especies de movimiento; el simple y el compuesto, de los cuales no son mas que especies particulares todos los demas movimientos de que acabamos de hablar. Establecidas que sean las leyes de estos dos movimientos, habrémos establecido las de los demas, y no quedará mas que hacer que el añadir algunas particularidades, de las que hablaremos mas adelante.

1ª Ley del movimiento simple.

ARTICULO VEINTE Y TRES. Todo cuerpo que ha sido puesto en movimiento, debe continuar moviéndose en la direccion, y con el grado de velocidad que recibió, si su estado no varia por alguna nueva causa.

Mas esta ley jamas tiene lugar en la naturaleza, á causa que todo cuerpo que se mueve lo verifica en su intermedio y sobre algun plano &c. y de aquí es el que debemos tratar de las resistencias de los intermedios ó de los fluidos.

Resistencia de intermedios ó de los fluidos.

ARTICULO VEINTE Y CUATRO. La Resistencia de los intermedios, es el obstaculo que oponen los fluidos, al través de los cuales se mueven los cuerpos, al movimiento de estos cuerpos; cuya resistencia es proporcional á la masa que debe ser desalojada.

El valor de esta masa depende; 1º de la densidad del intermedio; y 2º del volúmen de él, que es preciso desalojar. Midiéndose por la superficie del cuerpo que se mueve, y por el espacio que este cuerpo corre en un tiempo dado. Tambien crece esta resistencia de los intermedios, á medida que aumenta la velocidad del móvil; pero no crece simplemente con la velocidad, sino poco mas ó menos como el cuadrado de la velocidad. Igualmente procede la misma resistencia de la coherencia de las partes en los fluidos, escepto aquellos que son glutinosos. Si el intermedio está agitado su resistencia se aumentará ó disminuirá por su movimiento propio; se aumentará si el intermedio se mueve en direccion contraria á la del móvil, y se disminuirá ó quedará nula, si el móvil y el intermedio se mueven en una misma direccion. Lo mas interesante relativo á la resistencia de los fluidos es el conocer exactamente la resistencia del agua con respecto á los cuerpos que flotan encima de ella, tal como una lancha, un navío, &c. Esta resistencia depende; 1º de la densidad del fluido; 2.º del volúmen de este fluido, que debe desalojarse en un tiempo dado; 3.º de la velocidad del móvil; 4.º de la figura del móvil; y 5.º de la anchura y de la profundidad del canal.

LECCION NOVENA.

DE LA RESISTENCIA DE LOS ROZAMIENTOS Ó

FRICCIONES. 2.^a Y 3.^a LEY DEL MOVIMIENTO SIMPLE.

Resistencia de los rozamientos ó fricciones.

ARTICULO VEINTE Y CINCO. Se llama rozamiento ó fricción

al tránsito de la superficie de un cuerpo, sobre la superficie de otro cuerpo.

Tambien se dá el nombre de frotaciones, y se dividen en dos órdenes ó especies: 1^a cuando se verifica la aplicacion sucesiva de las mismas partes de una superficie á diferentes partes de la otra, como cuando se hace deslizar un plano cualquiera sobre una mesa; y 2^a cuando se verifica la aplicacion sucesiva de diferentes partes de un cuerpo, sobre diferentes de otro, ó lo que es lo mismo la frotacion de 1^a especie tiene lugar cuando los cuerpos se deslizan los unos sobre los otros; mientras que la de 2^a es cuando los cuerpos ruedan.

La resistencia de rozamiento de segunda especie, es menor, y produce menos efecto.

Las dificultades que se encuentran para valuar la resistencia de los rozamientos ó fricciones, son aun en mayor número que las que hay para valuar la de los intermedios. El paso de una superficie sobre otra, causa una resistencia tanto mas grande, y este paso es tanto mas retardado, cuanto estas superficies tienen mas desigualdades; pero este mas ó menos de desigualdades varía al infinito, y es muy difícil de conocer. Las demas cualidades, á saber: la magnitud de las superficies que se frotan, la fuerza que oprime á estas superficies una sobre otra, y la velocidad con que se mueven, son mas fáciles de valuar; pero como su valor es relativo al estado actual de las superficies que se frotan, y este estado es poco conocido, siempre queda alguna incertitud, por lo que, es preciso las mas veces contentarse con una valuacion aproximada. Lo que se suele hacer con mas frecuencia, cuando se trata de máquinas grandes, es suponer que se consume un tercio de la fuerza empleada para vencer la resistencia de las fricciones.

Ademas de la presion y de la magnitud de las superficies, se debe tambien hacer entrar la velocidad en la valuacion de los rozamientos, porque si se aumenta la velocidad, es evidente que andando mas camino en un determinado tiempo la superficie que frota su eminencia, durante este tiempo, se doblarán, romperán, ó se saldrán en mayor número, y por consecuencia irá levantándose el cuer-

po mas á menudo , lo cual aumenta la resistencia.

Las dos especies de rozamientos se dirigen á destruir el movimiento de los cuerpos, pero el de la primera tiene efectos mucho mas considerables que el de la segunda. Estos efectos del rozamiento se encuentran por todas partes: no es otra la causa de la alteracion y deterioro de nuestros vestidos, muebles, &c. Las herraduras de las caballerías y las llantas de las ruedas de los carruages, se gastan y destruyen con el rozamiento que sufren sobre las piedras; y esto es lo que suministra la gran porcion de hierro que se mezcla, y ennegrece el barro de las grandes poblaciones, en donde hay muchas caballerías y carruages.

Si los rozamientos son frecuentemente dañosos, algunas veces suelen ser útiles; en las artes se saca ventaja de ellos: una lima, v. gr., no obra mas que en virtud de su rozamiento aumentado con la presion; pues que este instrumento no es otra cosa mas que una superficie llena de asperezas que se introducen entre las partes de la pieza que se trabaja, y que las arrancan. Lo mismo se puede decir de toda clase de piedras de amolar.

El aumento de resistencia con respecto á las superficies frotantes, se verifica tambien con los fluidos; cuya velocidad es tanto mas retardada, cuanto las superficies frotantes tienen mas estension.

De todo lo que acabamos de decir de la resistencia de los intermedios, y de la de los rozamientos ó fricciones, se debe concluir, que en el estado natural de las cosas, no puede haber movimiento ninguno mecánico inalterable, pues que estas dos resistencias, que son inevitables, son unas causas que exigen en cada instante que los cuerpos empleen una parte de su movimiento para vencerlas; y como por grande que sea la cantidad de movimiento que se les haya dado, debe, por esta razon, ir disminuyendo siempre, se sigue que llegará el momento en que no quede á los cuerpos movimiento alguno. Está pues demostrado ser imposible el movimiento continuo mecánico.

2.^a *Ley del movimiento simple.*

ARTICULO VEINTE Y SEIS Las variaciones que padece el

movimiento de un cuerpo, son siempre proporcionales á la causa que las produce.

Cuando obra una fuerza no puede producir mas efecto que aquel de que es capaz; y le produce siempre, á menos que alguna otra fuerza no se oponga á ello: luego el efecto será siempre proporcional á la causa.

3ª *Ley del movimiento.*

ARTICULO VEINTE Y SIETE. La reaccion es siempre igual á la accion ó á la compresion.

Cuando un cuerpo en movimiento, ó que va á moverse, obra sobre otro cuerpo, le comprime; y este último ejerce recíprocamente sobre el primero una compresion igual. Por ejemplo, si se apoya la mano sobre un platillo vacío de una balanza, y se aprieta hasta hacer subir el peso de una arroba, que se supone haber en el otro platillo, la mano se halla tan comprimida como si se le sobrecargase la referida arroba de peso: luego la reaccion de esta arroba de peso contra la mano es igual á la accion de la mano.

La razon de esta desigualdad de la accion y de la reaccion, en todos los casos, está en que no podria un cuerpo emplear un grado de fuerza en vencer la resistencia de otro cuerpo, sin perder el mismo una cantidad igual á la que empleó para ello.

LECCION DÉCIMA.

DE LAS CAUSAS QUE MUDAN LA DIRECCION DEL MOVIMIENTO: VARIACION DE DIRECCION OCASIONADA POR UNA MATERIA FLUIDA, Ó REFRACCION: VARIACION DE DIRECCION OCASIONADA POR UN OBSTÁCULO IMPENETRABLE Y FIJO Ó REFLEXION.

Causas que mudan la direccion del movimiento.

ARTICULO VEINTE Y OCHO. Habiendo tratado ya de las causas absolutamente inevitables en la naturaleza, que retar-

dan à cada instante la velocidad de los cuerpos en movimiento, hablaremos ahora de las que mudan la direccion de ellos.

Si un cuerpo en movimiento muda de direccion, es forzado á ello por un obstáculo; por la razon de que siguiendo la primera ley, debe perseverar en su estado.

Tres son las especies de obstáculos que pueden ocasionar variacion en la direccion del movimiento de los cuerpos: 1º un obstáculo por donde pueda penetrar el móvil, como por ejemplo una materia fluida en que pueda abrirse paso: 2º un obstáculo impenetrable y fijo, como una materia sólida que opone al móvil toda su masa, á causa de la coherencia de sus partes, y de la union con el terreno que esta fija: 3º un obstáculo impenetrable á la verdad, al móvil, pero que al mismo tiempo puede ser desalojado por el choque.

Variacion de direccion ocasionada por una materia fluida ó refraccion.

ARTICULO VEINTE Y NUEVE. Esta variacion de direccion, llamada refraccion, es el desvío que sufre un cuerpo, ó lo que se aparta de su línea de direccion, cuando pasa oblicuamente de un intermedio á otro, con mayor ó menor resistencia que la que tiene el intermedio de donde sale; de modo que su nueva direccion forma ángulo con la primera en el punto de contacto de los dos intermedios; en cuyo sitio se presenta esta línea de direccion como quebrantada; de adonde le viene el nombre de refraccion. Veamos cuales son las condiciones esenciales para que un cuerpo en movimiento padezca una especie de desvío, y cual es la causa de la refraccion de los cuerpos.

Si un móvil pasa de un intermedio á otro, por ejemplo, del aire al agua, ó del agua al aire, no siendo igualmente penetrables para él estos intermedios, sea por la diferencia de sus densidades, sea por alguna otra causa, el uno le opondrá mas ó menos resistencia que el otro. Esta mas ó menos resistencia que padecerá el móvil de parte del nuevo intermedio (que nosotros llamaremos inter-

medio refringente) le hará dejar su primera direccion, con tal que entre en él oblicuamente, y á esto es á lo que se llama refraccion.

Depende, pues, la refraccion de dos condiciones absolutamente esenciales, y sin las cuales no se verifica. Es la primera el tránsito del móvil de un intermedio á otro mas ó menos resistente; y la segunda, la obliquidad de incidencia de parte del móvil. Si el móvil, pues, pasa oblicuamente de un intermedio de menos resistencia á otro de mas resistencia, se refracta alejándose de la perpendicular imaginada en el plano que separa los dos intermedios, formando su ángulo de refraccion mas grande que su ángulo de incidencia. Pero si el móvil pasa oblicuamente de un intermedio de mayor resistencia á otro de menor, se refracta, acercándose á la perpendicular que se imagina, levantada en el plano que separa los dos intermedios; en una palabra, formando su ángulo de refraccion, menor que su ángulo de incidencia.

Estos son los hechos tales como los presenta la experiencia; se exceptua la luz como se dirá en su lugar.

La refraccion es susceptible de ser mayor ó menor, y la diferencia que produce entre los ángulos de incidencia y de refraccion puede ser mas ó menos grande, segun sean las circunstancias. Depende este mas ó menos, 1.º del grado de obliquidad con que el móvil llega al intermedio refringente: 2.º del grado de densidad de este intermedio refringente: 3.º de la magnitud del móvil; y 4.º de la velocidad del móvil.

De todo lo espuesto se deduce, que para medir la refraccion de un cuerpo, es preciso hacer atencion á cuatro cosas: 1.º al grado de obliquidad con que el móvil llega al intermedio refringente; 2.º al grado de densidad de este intermedio; 3.º á la magnitud del móvil; y 4.º á la velocidad con que se mueve, y queda explicado en su respectivo lugar.

Variacion de direccion ocasionada por un obstáculo impenetrable y fijo, ó reflexion.

ARTICULO TREINTA. Esta variacion de direccion, es aque-

lla que recibe un cuerpo puesto en movimiento, cuando encuentra un obstáculo impenetrable para él, y fijo; el cual le obliga á retroceder, haciéndole saltar despues del choque.

La verdadera causa de esta variacion de direccion es la elasticidad de los cuerpos; de tal modo, que si los cuerpos no tuviesen elasticidad, no se verificaría reflexion alguna en ellos; luego no hay mas cuerpos que los elásticos que puedan ser susceptibles de este movimiento reflejo.

Si los cuerpos no tienen elasticidad no hay en ellos movimiento reflejo. Déjese caer un cuerpo sobre tierra blanda, y se verá que hace un hoyo en ella, y que pierde todo su movimiento.

Los cuerpos sin elasticidad, ó que tienen muy poca, son los mas apropiados para destruir los esfuerzos violentos, á causa de que retardan por grados la velocidad del móvil, y de que le reducen al reposo cediendo de mas á menos. Todos los obstáculos que ceden así dividen el esfuerzo del móvil, y detienen muchas veces una potencia que no dejaría de forzarles, si su accion estuviese reunida en un tiempo mas corto. Una tabla de encina no detiene la bala de un fusil, y un saquillo lleno de lana ó de tierra no dejará de amortecerla. Una bala de cañon hace poco efecto sobre uno ó mas colchones suspendidos libremente en el aire, en tanto que penetra una muralla.

Así siempre que se verifica reflexion en los cuerpos, tienen parte en ella el móvil y el obstáculo, cada uno en razon de su grado de elasticidad.

De lo que dejo manifestado se deduce, que la elasticidad, es la causa necesaria de la reflexion; y que la direccion del movimiento reflejo es tal, que seria siempre el ángulo de reflexion, igual al ángulo de incidencia, si la reaccion fuese perfecta; pero como este caso es el mas raro, no se deben esperar con frecuencia, en la práctica, efectos bastante conformes con la teórica.

Los juegos de pelota y de trucos están casi enteramente fundados en las reglas del movimiento reflejo que acabamos de establecer.

LECCION UNDÉCIMA.

DE LA VARIACION DE VELOCIDAD Y DE DIRECCION Ó CHOQUE DE LOS CUERPOS EN GENERAL: EN PARTICULAR DE LOS NO ELÁSTICOS: DEL DE LOS CUERPOS ELÁSTICOS; Y DE SUS LEYES.

Variacion de velocidad y de direccion ocasionada por un obstáculo impenetrable, y que puede ser desalojado; ó choque de los cuerpos.

ARTICULO TREINTA Y UNO. La variacion de velocidad y de direccion, es aquella que se observa en los cuerpos cuando en su movimiento choca á otro, y cuyos fenómenos pertenecen á la inercia de los sólidos.

De este principio se deducen principalmente el choque de los cuerpos, el movimiento compuesto, el movimiento curvilíneo, de los que nacen las fuerzas centrífuga y centrípeta, el equilibrio en las máquinas y las resistencias que resultan; sea de la rigidez de las cuerdas, sea del roce que sufren los cuerpos resbalando, ó girando los unos sobre los otros.

Por choque se entiende la accion que un cuerpo emplea cuando estando en movimiento da contra otro con toda su fuerza.

Este choque puede ser de tres modos: 1.º cuando un cuerpo puesto en movimiento encuentra en el camino otro cuerpo que esté en quietud: 2.º cuando dos cuerpos movidos segun direcciones opuestas se encuentran; y 3.º cuando un cuerpo en movimiento encuentra á otro que se mueve segun su misma direccion, pero con menos velocidad.

Para que podamos conocer bien estas leyes, debemos suponer lo que á la verdad no existe; 1.º que los cuerpos que se chocan, se mueven, ó en el vacío, ó en un intermedio nada resistente, y que no sufren rozamiento alguno: 2.º que estos cuerpos, ó tienen una elasticidad perfecta, ó carecen de ella; de modo, que en la práctica, jamás el efecto corresponde.

Los tres casos que hemos manifestado tienen lugar en los cuerpos blandos, en los duros, y en los elásticos.

Los choques pueden considerarse en los cuerpos, ya choque directo, ó ya choque oblicuo, verificándose el primero, cuando la direccion del movimiento de los cuerpos pasa por sus centros de gravedad, (1) y el segundo, cuando esta direccion no pasa por ellos; el uno y el otro tienen reglas particulares como veremos en adelante.

Los cuerpos blandos se comprimen en el choque, y conservan el estado en que la presion los ha puesto, los duros no experimentan compresion alguna, los elásticos se comprimen con el choque, pero despues vuelven por sí mismos al estado en que se hallaban antes de la compresion.

Cuando dos cuerpos van á chocarse, ó el uno de los dos está en reposo, ó ambos á dos están en movimiento, si se mueven los dos, lo hacen, ó en una misma direccion, ó en direccion contraria, con velocidades iguales ó desiguales, pero antes que estos dos cuerpos se choquen, hay entre ellos un intervalo, que es preciso que sea corrido, ó por uno solo ó por los dos, sin lo cual no puede haber choque entre ellos.

Para hacer la teoría del choque de los cuerpos mas inteligible deberémos suponer que los cuerpos son perfectamente blandos, perfectamente duros, ó perfectamente elásticos: que su movimiento se efectua en un medio sin resistencia y sin roze, de manera que la teoría seria falsa si los hechos que indicára fueran comprobados exactamente por la esperiencia; siendo la razon tan clara, pues los obstáculos de que hacemos abstraccion, inducen necesariamente algunas modificaciones en el choque.

Considerarémos desde luego el choque directo, esto es, aquel choque de los cuerpos en que los centros de gravedad se hallan en la direccion del movimiento.

(1) El centro de gravedad es aquel punto al rededor del que todas las partes de un cuerpo están en equilibrio.

Choque directo de los cuerpos no elásticos.

ARTICULO TREINTA Y DOS. Las mismas leyes del choque que rigen en los cuerpos duros, dominan en los blandos, con la corta diferencia que la comunicacion de movimiento es instantánea en los cuerpos duros, y sucesiva en los blandos. Este fenómeno depende de la naturaleza de los cuerpos. En los que son perfectamente duros las moléculas están de tal manera adherentes entre sí, que no pueden ceder separadamente á la impresion del choque: cede por consiguiente á un tiempo toda la masa del cuerpo, y el chocado obedeciendo al esfuerzo del chocante se desaloja enteramente en el instante que recibe el golpe. No sucede así con un cuerpo blando cuyas partes están poco unidas entre sí, estas ceden sucesivamente al impulso del choque, de manera que el chocado no sale de un lugar sino por grados; y no es enteramente desalojado hasta que todas sus partes han recibido la impresion total del chocante.

Así como hemos visto que el movimiento simple segun lo hemos definido, tiene sus leyes, igualmente el choque de los cuerpos no elásticos guarda cierto orden constante y uniforme, impulsando á los Físicos, tanto antiguos, como modernos, á establecer ciertas leyes ó proposiciones que son las siguientes.

Leyes del choque de los cuerpos no elásticos.

ARTICULO TREINTA Y TRES. 1ª Ley: Cuando un cuerpo que se halla en reposo es chocado por otro cuerpo, se reparte la velocidad del cuerpo chocante entre los dos, con respecto á la masa que tiene cada uno.

2ª Ley: Cuando dos cuerpos que se mueven en una misma direccion con velocidades desiguales llegan á chocarse, ya sean sus masas iguales ó no, continuan moviéndose juntos y en su primera direccion, con una velocidad comun, menos grande que la del cuerpo chocante, pero mayor que la del chocado, antes de la percusion.

3ª Ley: Si los cuerpos que deben chocarse se mueven

en sentido directamente contrario parece el movimiento en el uno y en el otro, ó por lo menos en el uno de los dos: si queda alguno despues del choque, caminan los dos cuerpos en una misma direccion, y la cantidad de su comun movimiento es igual al esceso del uno de los dos sobre el otro, antes del choque.

De lo que acabamos de manifestar relativo al choque de los cuerpos no elásticos, deducirémos.

1.º Que cuando despues del choque siguen una misma línea las direcciones de los movimientos de los cuerpos que se chocan, existe entonces en los dos cuerpos reunidos una cantidad de movimiento igual á la que subsistía en el uno de los dos, ó en ambos á dos antes del choque.

2.º Que cuando las direcciones de los movimientos de estos cuerpos son contrarias, parece por lo menos una parte del movimiento, sino parece todo; y que si queda alguno despues del choque, es igual á la diferencia de las dos cantidades de movimiento antes del choque.

Choque directo de los cuerpos elásticos.

ARTICULO TREINTA Y CUATRO. En todo lo que hemos dicho correspondiente al choque de los cuerpos no elásticos, hemos observado siempre dos efectos principales á saber; 1º una comunicacion de movimiento del cuerpo chocante al cuerpo chocado: 2º una variacion de figura ó un aplanamiento en el uno y en el otro, en el sitio del contacto. Estos dos efectos tienen por causa comun el choque ó la percusion; cuya accion es el motivo de que la velocidad se transmita y se distribuya uniformemente entre las dos masas; durante la cual reparticion, varian las figuras con los aplanamientos que produce la inercia de las masas.

En el choque de los cuerpos elásticos la naturaleza está sujeta á las mismas leyes que rigen en el de los no elásticos. Pero como en los no elásticos las partes comprimidas por el choque se restablecen con una fuerza igual á la que las comprimió, éste último esfuerzo que se junta al del movimiento comunicado por el choque, es causa de muchas variaciones en los resultados.

Distinguirémos, pues aquí, dos especies de movimientos; uno, que es independiente de la elasticidad, al que llamaremos movimiento primitivo: otro que nace de la reaccion de las partes aplanadas ó comprimidas por el choque, al que llamaremos movimiento de elasticidad, ó simplemente reaccion; el cual dobla siempre el movimiento comunicado.

Leyes del choque de los cuerpos elásticos.

ARTICULO TREINTA Y CINCO. 1ª Ley: Cuando un cuerpo elástico va á chocar otro cuerpo elástico que está en reposo, ó que se mueve en la misma direccion, se mueve este despues del choque en la direccion del cuerpo que le ha chocado con una velocidad compuesta de la que se le dió inmediatamente ó por comunicacion, y de la que adquiere por su reaccion despues del choque; y el cuerpo chocante, cuya elasticidad obra en direccion contraria, pierde en todo ó en parte lo que habia conservado de su primera velocidad; advirtiéndose que si su movimiento de elasticidad escede al resto de su velocidad primera, retrocede mas ó menos segun el valor de este esceso. Y en todos los casos la velocidad respectiva, es despues del choque, la misma que era antes.

2ª Ley: Cuando dos cuerpos elásticos, iguales ó desiguales en masas, llegan á chocarse el uno al otro con direccion contraria, y con velocidades propias que sean iguales ó desiguales; se separan despues del choque, y su velocidad respectiva es la misma que antes de él.

Debo advertir, que no se debe dar valor á la impulsión de los fluidos, segun las reglas que acabamos de establecer tocante al choque de los cuerpos sólidos, porque estando compuestos estos últimos de partes que tienen entre sí una fuerte coherencia, obran segun toda su masa y su velocidad actual. No sucede lo mismo en la accion de los fluidos, pues que en virtud de la movilidad respectiva de sus partes, solo hacen esfuerzo aquellas que tocan al obstáculo; y las otras como no pierden su velocidad no contribuyen por consecuencia á este esfuerzo. Esta es la cau-

sa de que el agua y el aire no comuniquen de pronto su velocidad al móvil; siendo preciso el que se pase un cierto tiempo para que este móvil reciba todo el movimiento que se le puede comunicar. Es fácil convencerse de esto, observando las aspas de un molino de viento, ó la piedra de un molino de agua, cuando comienzan á moverse.

Se deduce de esta teoría comprobada por la experiencia.

1.^o Que si los cuerpos que se chocan no son elásticos se comunica el movimiento en razon directa de las masas; verificándose una compresion en el punto de contacto causada por la inercia.

2.^o Cuando los cuerpos caminan en una misma direccion, hay despues del choque la misma cantidad de movimiento que habia antes de él.

3.^o Cuando los cuerpos van á chocarse en direccion contraria, parece el movimiento en todo ó en parte, si queda alguno despues del choque, no es mas que el exceso del mayor sobre el menor.

4.^o Si los cuerpos son elásticos, se comunica el movimiento del uno al otro, siguiendo las mismas leyes, bajo las cuales se comunica en los cuerpos sin elasticidad; pero con la diferencia de que en los cuerpos elásticos, la elasticidad dobla el movimiento comunicado; y tambien la pérdida de movimiento que hace el cuerpo que comunica movimiento al otro.

5.^o Cuando despues del choque, van los cuerpos en una misma direccion, hay despues del choque la misma cantidad de movimiento que la que habia antes de él; pero si el uno de los dos cuerpos retrocede, hay despues del choque, mas movimiento que el que habia antes de él: hay asimismo en el cuerpo chocado mas movimiento que el que habia en el cuerpo chocante; siendo este exceso igual á la cantidad de movimiento retrógrado del cuerpo chocante.

6.^o Cuando los cuerpos van á chocarse en direccion contraria, la suma de los movimientos despues del choque, no es nunca mayor que antes de él, puede ser aun menor, en cuyo caso, es igual esta disminucion á la cantidad de movimiento que gana el uno de los dos cuerpos; siendo en todos los casos la misma, antes y despues del choque, la velocidad respectiva.

LECCION DUODÉCIMA.

DEL MOVIMIENTO COMPUESTO: SUS LEYES: MOVIMIENTO COMPUESTO EN LÍNEA RECTA: EN LÍNEA CURVA Y OBLÍCUO.

Movimiento compuesto.

ARTICULO TREINTA Y SEIS. Por movimiento compuesto debe entenderse, todo aquel que es producido por la accion simultánea de varias potencias que obran en distintos ángulos, y que intentan todas llevar el móvil hácia diversos puntos.

Tambien este movimiento tiene sus leyes que aunque la mayor parte de los Físicos antiguos, las han considerado como una sola, y como consecuencia de ella las demas deducciones, siguiendo los progresos del dia en esta parte de las ciencias naturales, y como lo han hecho los célebres Libes, Gay-Lusac, Laplace, Arago &c., las enumeraremos en tres, que son las siguientes.

Leyes del movimiento compuesto.

ARTICULO TREINTA Y SIETE. 1ª Ley: Si dos fuerzas cualesquiera obran simultáneamente sobre un mismo cuerpo y segun la misma direccion, engendran una fuerza compuesta que es igual en intensidad y direccion á la suma de las fuerzas componentes.

A esta fuerza compuesta, ó á la línea que la representa se le dá el nombre de derivada.

Las potencias que obran sobre el móvil en todo movimiento compuesto, se dividen en potencias iguales y desiguales.

Potencias iguales.

ARTICULO TREINTA Y OCHO. Con potencias iguales el móvil describirá la diagonal de un cuadrado, cuyos dos lados

adyacentes representarán la direccion é intensidad de cada una de estas potencias, y la describirá precisamente en el mismo tiempo que hubiera empleado en correr uno de estos dos lados, si una ú otra de dichas potencias obran solamente contra él.

Potencias desiguales.

ARTICULO TREINTA Y NUEVE. Si una de las potencias que animan el móvil fuese superior á la otra, se prestaría mas á la primera que á la segunda; y tanto mas, cuanto la intensidad de esta excediese á la de aquella. Es, pues, siempre una consecuencia necesaria de la inaccion del móvil, y de esta indiferencia natural que le obliga à prestarse á toda accion que se puede ejercer contra él. Describirá, pues, entonces la diagonal de un paralelogramo, cuyos dos lados adyacentes representarían aun las direcciones é intensidad de sus potencias.

Los niños, que aprietan entre sus dedos un hueso de cereza, se escapa éste con velocidad, y va por un movimiento compuesto á tocar el punto hácia quien es dirigido.

El barquero que quiere atravesar un rio, se guarda bien de dirigir su barco hácia el punto donde quiere abordar. Si así lo hiciese, llegaría mucho mas abajo, y se vería obligado á volver atras á fuerza de remos. Sabe por experiencia que debe subir oblicuamente el rio, tanto mas cuanto mas crecido está, y con cuanta mayor rapidéz corre el agua. Subiendo así, su barco participa del movimiento que él le imprime, segun el ancho del rio.

Los peces que se mueven en el agua, la hieren del lado opuesto á aquel donde quieren dirigirse. Todos son ejemplos que confirman la verdad de semejantes principios, y siempre tendrá lugar la ley primera, y con arreglo á ella sus resultados.

2.^a Ley: Si dos fuerzas iguales y diametralmente opuestas obran juntas sobre un mismo cuerpo, la derivada es nula, y de consiguiente el cuerpo debe quedar en quietud. Si las fuerzas son desiguales el cuerpo debe moverse con la

diferencia que hay entre ellas y segun la direccion de la mayor.

3ª *Ley*: Si dos fuerzas cualesquiera obran juntas sobre un mismo cuerpo y en direcciones angulares, la derivada es igual en magnitud y direccion á la diagonal del paralelogramo construido sobre la direccion de las fuerzas.

Movimiento compuesto en línea recta.

ARTICULO CUARENTA. Se forma siempre el movimiento compuesto en línea recta, cuando obedece el móvil á unas potencias que perseveran entre sí en la misma relacion; sean que ellas no reciban variacion alguna, sea que las variaciones sean iguales ó proporcionales de una y otra parte, porque entonces se reunirán en la misma direccion los efectos de cada instante.

De modo que si se conoce el ángulo de direccion de las potencias y su grado de fuerza, será fácil conocer el efecto que deben producir sobre el móvil, esto es, su grado de velocidad, y la direccion que debe tomar. Siguiéndose tambien, que si se conoce el efecto comun de dos potencias sobre un móvil, y la direccion y grado de fuerza de una de las dos, se podrá conocer el valor y la posicion de la otra. Para que el movimiento sea compuesto, no es necesario que continuen obrando las potencias en toda la duracion del movimiento.

Movimiento compuesto en línea curva.

ARTICULO CUARENTA Y UNO. Si el movimiento compuesto en línea recta tiene lugar cuando el móvil obedece á potencias que perseveran entre sí en la misma relacion. No sucede lo mismo si varia esta relacion de las potencias: si, por ejemplo, de dos potencias la una se hace, ó mayor ó menor de lo que era antes, en tanto que la otra no varía; ó si variando las dos no lo hacen proporcionalmente, en este caso el producto de cada instante es con efecto una línea recta, por comenzar siempre todos los cuerpos á moverse así; pero cada una de estas líneas rectas tienen su direccion

particular, que varia á cada instante, segun la variacion de relacion de las potencias.

Ultimamente es indispensable convencerse que el movimiento en línea curva no puede ser el efecto de una sola potencia; ni basta solo el que haya muchas que obren á un mismo tiempo, si no se verifica la variacion de relaciones entre ellas, sin lo cual se formará el movimiento en línea recta.

Movimiento compuesto conocido con el nombre de oblicuo.

ARTICULO CUARENTA Y DOS. Se entiende por movimiento compuesto con direccion oblicua todo aquel, que se verifica siempre y cuando la direccion del movimiento de un cuerpo no pasa por el centro de gravedad del que encuentra.

Este movimiento compuesto oblicuo gira sobre ángulos de incidencia y de reflexion, siendo el primero el que forma la línea de direccion del movimiento de un cuerpo que se aproxima á otro, con una perpendicular á este otro, tirada por el punto en que se efectua el choque; y el segundo ó de reflexion; el que forma la direccion del movimiento de un cuerpo despues del choque con esta misma perpendicular.

Debe advertirse que todos los problemas que se pueden proponer acerca de estos objetos tan multiplicados y variados por el movimiento compuesto, todos ellos se resuelven por los principios espuestos al auxilio de una simple descomposicion de fuerzas, y de los conocimientos matemáticos.

LECCION DÉCIMA TERCIA.

FUERZAS CENTRALES EN GENERAL: EN PARTICULAR DE CADA UNA DE ELLAS Y DE SUS LEYES.

ARTICULO CUARENTA Y TRES. Todo lo que hemos dicho del movimiento y de sus leyes, prueba que no hay movimiento alguno que naturalmente esté dirigido en línea cur-

va. Luego cuando vemos que un móvil describe una línea curva, debemos considerar el camino que anda, como una serie no interrumpida de movimientos en líneas rectas, todas muy cortas, y cuyas direcciones particulares varían á cada instante; formando entre ellas ángulos muy obtusos, como lo hemos hecho ver hablando del movimiento compuesto en línea curva.

De modo que si un cuerpo se halla impelido por una fuerza constante y uniforme, llamaremos á esta fuerza proyectil, y si al mismo tiempo está continuamente impelido ó atraído por otra fuerza que lo lleva hácia el centro, la denominaremos centrípeta; así como á la que dirige el cuerpo á seguir la tangente, con la palabra de centrífuga, y las dos serán conocidas bajo el nombre genérico de Fuerzas Centrales.

Para mayor claridad entenderemos por central, todo lo que es relativo al centro de alguna cosa; como cuando decimos fuerza central, eclipse central, &c.

Por fuerzas centrales entenderemos, todas aquellas fuerzas ó potencias por las que un cuerpo movido, tiende hácia un centro de movimiento ó se aparta de él.

Comprendiendo por centro el punto de una figura ó de un cuerpo que dista igualmente de todas las partes opuestas y correspondientes de esta figura, ó de este cuerpo; ó bien es el punto que divide en dos partes iguales todos los diámetros de la figura ó del cuerpo (ejemplos el de un círculo, y el de una esfera ó globo) debiendo tener presente el significado de esta palabra por el frecuente uso que haremos en las lecciones siguientes. Oirán centro de conversion, centro de rotacion, de equilibrio, de los graves, de gravitacion ó de atraccion, centro de gravedad, &c.; cuyos valores ó definiciones ocuparán nuestra atencion en las lecciones respectivas.

Las fuerzas centrales se verifican en todas las sustancias, ya sean sólidas, ya fluidas, siempre que su movimiento se hace en línea curva; esto es, que todas tienen una fuerza centrípeta resultante de su gravedad; y que todas adquieren una fuerza centrífuga luego que comienzan á moverse en línea curva. No se dá escepcion alguna en esta doctrina.

Consiguiente á este principio se han construido máquinas en las cuales se han empleado diferentes medios para hacer girar el agua, y obligarla con esto á que adquiere una fuerza centrífuga capaz de elevarla á pesar de su gravedad.

Por la definicion que hemos dado de las fuerzas centrífugas vemos que esta es directamente opuesta á la fuerza centrípeta, ó á la accion de la gravedad; pero por opuestas que sean una y otra, no por eso dejan de subsistir juntas en todos los cuerpos que se mueven circularmente, ó en cualquiera otra curva, y están tambien en equilibrio entre si en un cuerpo que se halla animado con un movimiento circular, respecto de que está constantemente separado la misma cantidad del centro al rededor de quien se mueve.

Hemos dicho, que el movimiento circular, no era otra cosa sino un movimiento en línea recta continuamente interrumpido. Con efecto se demuestra que todo cuerpo que corre el perimetro de un poligono cualquiera, esto es, de una figura de varios lados, muda tantas veces, menos una de direccion, como lados tiene este poligono.

De lo que se sigue que todo cuerpo movido con un movimiento circular, está animado continuamente de dos fuerzas opuestas; la una que intenta separarlo del centro de su rotacion (centrífuga) y la otra que lo mantiene constantemente á la misma distancia de él (centrípeta.)

Deduciéndose tambien, que cada vez que la fuerza centrífuga es superior á la de cohesion que une las partes de un cuerpo, como sucede en general con los líquidos, estas obedecen á las fuerzas centrífugas, y se separan de la masa total.

Esto es lo que sucede tambien diariamente, cuando la rueda de un coche pasando rápidamente por un arroyo, lleva consigo el agua ó lodo que se pega á ella. Estas partes cuya adherencia á la rueda que las lleva, es mucho menor que la fuerza centrífuga que les imprime la rotacion, se separan y se despiden á una distancia mas ó menos considerable.

El mismo efecto de esta fuerza se ha sabido aprove-

char en los fuegos artificiales que se disponen al rededor de un centro móvil, formando especies de ruedas de fuego ó soles.

A la fuerza centrífuga es á quien debe el salitre ó la pólvora que se escapa, la mayor parte de la estension, y amplitud de los surtidores de fuego que despide por todas partes, durante la rotacion de este género de máquina. La materia encendida que se desprende del rayo, la imprime un movimiento circular, y la fuerza centrífuga generada por este movimiento, esparce esta materia por una multitud de tangentes, que aumentan otro tanto la estension del plano que llena.

Lo espuesto convence, que la fuerza centrífuga se dirige á alejar el móvil directamente del centro, en tanto que la fuerza centrípeta se dirige tambien directamente á acercarle.

Los planetas están sujetos á estas dos fuerzas: su fuerza centrífuga, resultante de su movimiento de rotacion, se dirige en todos los instantes á apartarlos del centro de su movimiento; y su fuerza centrípeta, resultante de la gravitacion general, tiende contrariando la primera á acercarlos á él. De estas dos fuerzas opuestas nace un movimiento compuesto en línea curva, por el cual cada planeta describe su órbita, que es una curva relativa á la naturaleza de las fuerzas que la animan.

Pasemos ahora á tratar de los medios de apreciar el valor de las fuerzas que hemos conocido por centrales.

El valor de la fuerza centrípeta de un cuerpo que circula, ó la cantidad que este cuerpo se acercaría, en un tiempo dado, al centro de su revolucion, si su fuerza centrífuga cesase de obrar sobre él, es igual al cuadrado de la porcion de la curva que él describe en el mismo tiempo, dividido por el diámetro de esta curva, como lo han demostrado Huyghens y Newton, diciendo que un cuerpo que hace su revolucion en un círculo, se acercará en un tiempo dado al centro de este círculo, por su sola fuerza centrípeta, una cantidad igual al cuadrado del arco que él describe en el mismo tiempo, dividido por el diámetro del círculo. De donde se infiere que este cuerpo llegaría al cen-

tro de su movimiento, en virtud de su sola fuerza centrípeta en menos tiempo, que el que necesita para correr los espacios de su revolucion.

Para conocer el valor de la fuerza centrífuga es preciso hacer atencion á tres cosas: 1.º á la masa del cuerpo que circula: 2.º á su distancia al centro de su revolucion, y 3.º á su velocidad. Para medir esta velocidad hay que atender á dos objetos: 1º á la magnitud de la revolucion: 2º al tiempo empleado en hacerla. Este tiempo es al que llamaremos tiempo periódico, y la revolucion es la curva que describe el móvil, contando desde el punto de adonde parte, hasta que se vuelve á encontrar en este mismo, despues de haber dado una vuelta entera. El valor de la fuerza centrífuga de un cuerpo que circula está determinado por el producto de su masa multiplicada por el cuadrado de su velocidad, dividido por su distancia al centro de su circulacion. Lo cual se puede esplicar por las equaciones.

Asi como hemos espuesto las leyes, por las que constantemente se rigen los cuerpos en sus movimientos ya simples ó compuestos; del mismo modo las fuerzas centrales siguen ciertas reglas ó preceptos los cuales presentan resultados ó fenómenos, que precisamente llaman nuestra atencion.

Demos pues principio á los fenómenos que se pueden inferir de la regla que acabamos de establecer.

Leyes de las Fuerzas Centrales.

ARTICULO CUARENTA Y CUATRO. 1ª Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos que se mueven con la misma velocidad á iguales distancias del centro, son entre si como la masa de estos cuerpos.

El labrador nos da de esto un ejemplo cuando limpia el grano. Los cuerpos que flotan sobre una agua arremolinada, comprueban mas y mas la ley.

2ª Ley. La fuerza centrífuga de dos cuerpos iguales, que se mueven en tiempos periódicos iguales, á diferentes distancias del centro, son entre si como estas distancias al centro.

3ª Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos, cuyos tiempos periódicos son iguales, y cuyas masas están en razon inversa de sus distancias al centro, son iguales entre si.

4ª Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos iguales, que se mueven á iguales distancias del centro con velocidades diferentes, son entre si como los cuadrados de esas velocidades.

5ª Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos desiguales que se mueven á iguales distancias del centro con velocidades diferentes, son entre si como los productos de sus masas multiplicadas por el cuadrado de sus velocidades.

6ª Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos iguales, que se mueven con velocidades iguales á diferentes distancias del centro, están entre si en razon inversa de estas distancias al centro.

7ª Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos desiguales, que se mueven con velocidades iguales á diferentes distancias del centro, son entre si como las masas de estos cuerpos, multiplicadas por las distancias al centro el uno del otro.

8ª Ley. Que si varios cuerpos circulan en un mismo espacio, de donde no pueden salirse, el exceso de fuerza centrífuga de los unos, ocasionará la centrípeta de los otros.

9ª y última Ley. Las fuerzas centrífugas de dos cuerpos desiguales, que se mueven con velocidades desiguales á diferentes distancias del centro, son entre si como los productos de las masas de estos cuerpos por el cuadrado de sus velocidades propias, multiplicadas por las distancias al centro el uno del otro.

Es fácil de convencerse, buscando el valor de la fuerza centrífuga de cada uno de estos cuerpos, por medio de la regla establecida para conocer el valor de la fuerza centrífuga, apreciando la masa del cuerpo que circula: la distancia al centro de su revolucion; y á su velocidad, en la que es indispensable considerar la magnitud de la revolucion, y al tiempo empleado en hacerla, al que definimos llamándole tiempo periódico. Siendo igual en este caso el dividir estos productos cada uno por su propia distancia al

centro de circulacion de cada uno de estos cuerpos, con multiplicarlos por la distancia al centro el uno del otro.

Si las fuerzas centrales de un cuerpo se equilibran, es decir, si la fuerza centrípeta de un cuerpo se equilibra con la fuerza centrífuga de este mismo cuerpo, continuará girando este cuerpo sin acercarse ni alejarse del centro de su circulacion, y describirá un círculo.

Pero si varian las relaciones de estas fuerzas, como por ejemplo, si la una de las dos llega á ser mayor ó menor que lo que era antes, subsistiendo la misma la otra, describirá el cuerpo una curva que seguirá la naturaleza de estas variaciones de relaciones. Los movimientos de los cuerpos celestes se ejecutan bajo de estos principios.

Si estas relaciones, una vez variadas, se restablecen antes de concluida la revolucion, la curva que describirá, será una curva reentrante en si misma; tal es, por ejemplo, una elipse.

Pero si estas relaciones no se restablecen, si la fuerza centrípeta va disminuyendo siempre, la curva no será reentrante en si misma, y el móvil alejándose del centro de su movimiento, describirá espirales mas ó menos regulares, segun el progreso de la disminucion de esta fuerza centrípeta.

LECCION DÉCIMA CUARTA.

DEL MOVIMIENTO DE OSCILACION DE LOS PÉNDULOS EN GENERAL Y EN PARTICULAR: DE SUS APLICACIONES.

Oscilaciones del péndulo.

ARTICULO CUARENTA Y CINCO. Hay tambien otro caso de movimiento curvilíneo que nos conviene considerar por causa de sus aplicaciones prácticas; á saber, el de un cuerpo sólido y pesado, suspenso de un eje fijo, que por poco separado que se halle de la vertical, si se le abandona á si mismo, va y viene de un lado á otro de esta línea, por un movimiento que se llama de oscilacion. Todo el mundo sabe que los relojes de péndola, por cuyo medio se mide con

tanta exactitud el tiempo, se arreglen por la misma péndola, que es una varita de metal movida del modo que hemos dicho, y esto basta para indicar la utilidad que debe resultarnos de esta teoría.

Por péndulo se entiende un peso suspendido de un hilo sin pesadéz y móvil con el hilo al rededor de un punto fijo, ó por una varita de metal, y capáz de describir arcos.

El péndulo se divide en dos especies, á saber, simple y compuesto: péndulo simple será aquel cuyo hilo de suspension no tuviese pesadéz alguna, y cuyo cuerpo pesado residiese su peso en un punto solo; por ejemplo aquel que toda su pesadéz reside en el centro; péndulo compuesto es aquel que pesa por muchos puntos: éste es el que comunmente se usa, pues la varilla de suspension por lo regular es de metal; bien que lo mismo seria si fuese de madera, ó de cualquiera otra materia, porque no dejaria de tener pesadéz de donde se infiere que todos los péndulos son compuestos.

El punto fijo se llama centro de movimiento ó centro de suspension; asi como centro de oscilacion en el péndulo compuesto, el punto en que si los pesos estuvieran reunidos, las vibraciones serian de la misma duracion.

Entendiendo por oscilacion ó vibracion del péndulo, el movimiento de un cuerpo pesado, sujeto por un hilo ó varita á un punto fijo, al rededor del cual describe un arco; siendo la verdadera causa de este movimiento la pesadéz del cuerpo.

Cuando las vibraciones ú oscilaciones del péndulo lo suceden en iguales tiempos se le dá el nombre vibraciones isocrónas, ó de igual duracion en un mismo lugar.

Las oscilaciones de un péndulo están en razon subduplicadas de sus longitudes, y duran mas las de un péndulo mas largo, que las de otro mas corto; por lo que, un péndulo de tres pies de largo hará diez vibraciones, mientras que uno de nueve pulgadas hará veinte; empleando una vez mas tiempo el primero en hacer las diez, que el segundo en hacer las veinte.

El péndulo que sirve ordinariamente para los relojes consiste en una varita, ó en una coleccion de varitas metálicas, bajo de las cuales se fija una lenteja tambien metá-

lica muy adelgazada por sus bordes, y muy pesada para que pueda separar mejor el aire, y encontrar menos resistencia. La parte superior está atravesada por una hojita de acero muy pulida, y fija de una manera invariable, que descansa sobre un plano ó una ranura tambien de acero pulido. Cuando se quiere poner esta péndula en oscilacion, se le separa un poco de la vertical, y se le deja caer en virtud de su propio peso.

En las esperiencias de fisica, en que no se trata mas que de observar las oscilaciones del péndulo sin hacer de él un regulador, se procura aproximarse todo lo posible á la disposicion del péndulo simple; en este caso se emplea una bola de platina muy pesada, suspendida de un hilo de cobre del grueso necesario únicamente para sostener la bola sin alargarse; el hilo está unido á un pequeño casquillo de cobre del mismo diámetro que la bola, y que colocado sobre esta, con el intermedio de alguna sustancia grasa, se adhiere con bastante fuerza para que la bola no se caiga. Una hojita de acero muy pulido, unida á la parte superior del hilo, descansa sobre planos de ágata muy pulimentados á fin de que su movimiento de oscilacion halle el menor obstáculo que sea posible de parte del roce.

Cuando se pone en movimiento un péndulo samejante se nota al momento que la estension de los arcos que describe disminuyen poco á poco, y acaba por pararse enteramente. Esta detencion sucesiva nace en parte del roce que hay en el punto de suspension, pero aun mucho mas de la resistencia que el aire opone al movimiento de la bola. Esta resistencia, siempre contraria á su velocidad, aumenta la duracion de la semi-oscilacion descendente, y disminuye la de la semi-oscilacion ascendente, en la misma proporcion con corta diferencia; de suerte que la suma de estas dos mitades viene á ser sensiblemente la misma que si el movimiento se verificase en el vacío; pero las escursiones del móvil disminuyen sucesivamente en su estension. Mas el isocronismo de las oscilaciones circulares no se verifica rigurosamente, sino cuando son de una estension constante; luego bajo este punto de vista debe alterarlas la resistencia del aire.

Sabemos que el calor dilata, y el frio condensa, luego los péndulos son mas cortos en invierno que en verano, y de consiguiente no pueden medir tiempos iguales durante el curso del año. Grahan, famoso relojero en Lóndres, fué el primero que procuró remediar este inconveniente añadiendo en la parte inferior del péndulo un tubo de vidrio con mercurio.

El calor del verano dilata este fluido, el que se eleva, y acorta en algun modo el péndulo, al cual, el calor habia prolongado; de manera que el centro de oscilacion quede igualmente distante del centro de suspension. En invierno el mercurio baja al fondo del tubo, y hace, aunque el péndulo se acorte, que el centro de oscilacion quede siempre en la misma distancia del centro de movimiento. Otros medios se han empleado como reguladores de estas diferencias, que constantemente producen la accion del aumento ó disminueion de la temperatura atmosférica, en cuyo intermedio describen sus movimientos los péndulos.

Aplicaciones.

ARTICULO CUARENTA Y SEIS. Por el péndulo se ha llegado á medir exactamente la figura de la tierra: se ha descubierto con precision la ley de la caída de los cuerpos, é inferida la igualdad y el isocronismo de las oscilaciones del péndulo, se hizo la aplicacion de él á la exacta medida de los tiempos, cuyo descubrimiento fué debido al célebre Galileo. Huyghens aplicó el péndulo en los relojes de rueda.

Por el número conocido de las vibraciones de un péndulo dado en eierto tiempo, se podria establecer en todo el mundo una medida comnn, y fijar las diferentes medidas que se usan, de modo que podrian recuperarse, si por casualidad se llegasen á perder, como ha sucedido con la mayor parte de las medidas antiguas, que solo conocemos por conjetura.

El péndulo sirve para probar del modo mas seguro, que todos los cuerpos adquieren por su pesadéz, la misma velocidad en su caída.

El péndulo ofrece tambien un medio para conservar

las medidas de longitud en un lugar en que se halla determinado exactamente la del péndulo, pues está demostrado por experimentos tan exactos como numerosos, que cuanto mas se aproxima al Ecuador, mas corto debe ser el péndulo para oscilar segundos; 1.º por que la pesadez es menor en el Ecuador que en los polos, por ser las longitudes de los péndulos como las atracciones que los animan: 2.º por que la tierra no tiene una figura exactamente esférica, si no aplanada por los polos, y elevada en el Ecuador.

Por conclusion diré que pudiendo ser alteradas por muchas causas fisicas las oscilaciones de un péndulo, célebres fisicos é ingeniosos, se han ocupado en la correccion de estos inconvenientes, haciendo perfectamente isocrónas ó iguales, las oscilaciones de un mismo péndulo, sea cual fuese su estension.

Tambien se observan en la naturaleza un gran número de movimientos, que sin seguir exactamente las mismas leyes que el péndulo, se asemejan á él en la circunstancia de hallarse alternativamente á un lado y á otro de una línea en que se encuentran en el estado de reposo. Tal es, por ejemplo, el de una cuerda metálica estendida, que se haga salir de su posicion natural de equilibrio, abandonándola en seguida á si misma. Este movimiento y todos los del mismo género, que ordinariamente son muy rápidos han recibido el nombre de vibraciones.

CÁPITULO CUARTO.

LECCION DÉCIMA QUINTA.

DE LAS APLICACIONES GENERALES Y PARTICULARES DE LOS MOVIMIENTOS, DE SUS LEYES, Y DEMAS FENÓMENOS, Á LAS ARTES Y Á LA MEDICINA.

Aplicaciones generales.

ARTICULO PRIMERO. Despues de haber manifestado en las precedentes lecciones todo lo relativo al movimiento y sus leyes, presentemos el cuadro de aplicaciones generales, que

como efectos de las mismas se ofrecen diariamente y á cada instante al Físico observador.

El vuelo de las aves que la naturaleza ofrece tan variado. El movimiento de las diferentes clases de peces que habitan las aguas del vasto Occéano, son debidos y fundados en las leyes, ya del movimiento simple, como del compuesto. La complicada maniobra de un navío, y por la cual se conduce un buque por la superficie de las aguas, de un punto á otro, de lo mas lejano del globo; el transporte de las embarcaciones menores, que se mueven por medio de los remos haciendo palancas de diferentes especies como veremos en su lugar: El arte de nadar: Las diferentes direcciones conocidas por rumbo que sufren por precision las embarcaciones en sus derrotas: Los efectos del movimiento del timon de estas mismas: Los de los cuerpos proyectiles arrojados por la inflamacion de la pólvora: Las alteraciones y destrucciones que notamos en todas las obras del arte, y especialmente en aquellas que cursamos frecuentemente: El curso de los rios: Los productos de la mecánica y de la hidráulica. El mecanismo sobre el cual se fundan la mayor parte de las artes, y otra porcion de operaciones de oficios mecánicos que están fundados en los mismos principios, esto es, en los diversos y multiplicados casos que dan de sí las leyes manifestadas.

Aplicaciones particulares.

ARTICULO SEGUNDO. Los vuelos que vemos en los teatros: Los efectos del arte de la pirotecnia: Los equilibrios de los volatines ó maromeros: Los de la equitacion: El movimiento de los reptiles: El de los carruages, y otros muchos que se omiten, son sin duda fenómenos indispensables del movimiento compuesto.

Asi como lo son de las fuerzas centrales, el curso constante de los planetas: El de los trompos y pirinolas con que juegan los niños: Las fuentes artificiales &c. &c. Debiéndose tener presente las variadas circunstancias con que se presentan, ya con relacion á las potencias motrices, á las masas, á las velocidades, figuras, superficies, á las dife-

rentes densidades de intermedio , á las frotaciones ya simples ó compuestas por los pesos , calculando siempre la resistencia por la inercia como por la gravedad y atraccion, á que obedecen los cuerpos puestos en movimiento.

Aplicaciones á la Medicina.

ARTICULO TERCERO. La vida que consiste en un movimiento de los sólidos y fluidos que componen la organizacion de los animales ; y la salud es un movimiento regulado , normal, y uniforme; y estando estos sujetos á las leyes del movimiento de los cuerpos , que hemos explicado , parece preciso que un buen médico sea sabedor de la correspondencia que tienen entre sí , como de las propiedades , y reglas de los movimientos de la máquina humana.

Para mayor inteligencia se supone que en el hombre hay dos maneras de movimientos. El uno es voluntario , esto es, dependiente de la voluntad , como el movimiento del brazo , pierna &c. El otro es involuntario , y que por el concurso de algunas causas se verifica sin que anteceda acto de la voluntad , como el movimiento del corazon , sangre , quilo , &c.

Para el ejercicio de todos estos movimientos , generalmente se requiere cierta aptitud mecánica en los instrumentos , sin la cual no pueden ejecutarse ; así es que estos movimientos solo pueden ejecutarse segun el orden , connexion , y fábrica de los aparatos , los que se ejercen segun aquellas leyes generales de los movimientos de los cuerpos ; exceptuando solo los que dependen del ejercicio de la voluntad , de cuyas causas tratan la anatomía y la fisiología.

Con estos principios se entiende claramente , como los rayos de la luz guardan rigurosamente las leyes de las refracciones en los diferentes humores del ojo para formar la vision , como se explicará con la debida estension al tratar de la Dióptrica , ó luz refracta.

A otras leyes que dexamos espuestas está sujeto el movimiento de la circulacion de la sangre en todas sus partes ; pues el corazon es una bomba que despidе el liquido rojo á todas partes del cuerpo cuyo mecanismo se

adquiere por los conocimiento que presta la Fisiología.

Los fenómenos que ofrecen las fiebres ó calenturas produciendo el aumento del círculo son debidos á las mismas causas del movimiento compuesto en razon del aumento de las velocidades, efecto propio de las causas que obran como potencias motrices. Y el mecanismo que dá el resultado de las evacuaciones de sangre se efectua y funda por los mismos principios. La ley de la comunicacion del movimiento hace comprensibles muchos de estos fenómenos.

En las enfermedades que nacen de conjestiones, ó detencion del movimiento circular de los humores, son considerados y apreciados por las leyes de la resistencia; así como la resolucion de ellas pertenecen á las leyes, que se verifican en el choque de los cuerpos ya blandos, ó mas ó menos duros.

Ultimamente, la causa mas poderosa y tal vez la inmediata de la muerte natural; podrá fundarse en la comunicacion del movimiento, pues comunicando continuamente los sólidos el movimiento á los fluidos para que circulen por sus canales, van perdiendo tanto cuanto comunican, y no pudiéndose restaurar perfectamente la causa que lo produce, sucede, que por la comunicacion pierden del todo su movimiento en lo cual consiste la muerte.

De esta manera puede hacerse justa aplicacion de las leyes propuestas del movimiento á muchos otros fenómenos, que se observan en el cuerpo humano; como el movimiento muscular y los que de él dependen &c. &c.

CÁPITULO QUINTO.

LECCION DÉCIMA SESTA.

DE LA GRAVEDAD EN GENERAL Y DE ALGUNOS FENÓMENOS EN PARTICULAR.

De la gravedad y pesantéz.

ARTICULO PRIMERO. Por gravedad ó gravitacion en los cuerpos, entenderémos la fuerza por la cual todos ellos se di-

rigen los unos hácia los otros. Tambien se le da el nombre de atraccion.

Todos los cuerpos de la naturaleza proceden entre si como si se arrojasen mutuamente, ó como si estuviesen impelidos los unos hacia los otros por una potencia este-rior; y esta fuerza, cualquiera que sea, parece obrar en razon directa de las masas, y en razon inversa del cuadro de la distancia.

Se podrá decir que la gravedad es la misma cosa que la pesantéz: sin embargo hay esta diferencia, que pesantéz no se dice nunca, mas que de la fuerza particular que hace que los cuerpos sublunares se dirijan hácia la tierra, y que gravedad se dice de la fuerza por la cual un cuerpo cualquiera se dirige hácia otro. Porque es la gravedad una propiedad universal de la materia; de modo, que por esta propiedad, no solamente un cuerpo se dirige hácia otro, sino que las partes de un mismo cuerpo, se dirigen todas las unas hácia las otras; lo que puede probarse por un gran número de fenómenos; por ejemplo, la figura esférica que toman las gotas de agua, proviene en gran parte de esta fuerza. La misma razon media cuando dos globulillos de mercurio se unen y se incorporan en uno solo, luego que llegan á tocarse ó que están muy cerca el uno del otro.

Hemos probado, que no habia movimiento que naturalmente no se hiciese en linea recta; de modo que los cuerpos que en su movimiento describen líneas curvas, deben ser forzados á ellos por alguna potencia que obra continuamente sobre los tales cuerpos. De donde se sigue, que haciendo los Planetas sus revoluciones por órbitas curvilíneas, es preciso que haya alguna potencia, cuya accion continúa y constante no los permite apartarse de su órbita, ni describir líneas rectas; trabajando por acercarlos al centro de su revolucion á esta potencia pues, cualquiera que sea su causa, es á la que se ha dado el nombre de gravedad. En efecto, no podrian los Planetas continuar describiendo su órbita, si no hubiese alguna fuerza que los retuviese ó que los impeliese hácia el centro de su revolucion, luego ecsiste realmente esta fuerza llamada

gravedad, pues aunque ignoremos la causa de ella no debemos por esto dejar de admitirla.

De la pesantéz de los cuerpos.

ARTICULO SEGUNDO. Se llama pesantéz la fuerza con que todos los cuerpos se dirigen constantemente de un sitio elevado á uno bajo, en tanto que no se opone nada á su caída, ó que los obstáculos que se oponen no son suficientes para detenerlos; ó lo que es lo mismo la fuerza con que los cuerpos se dirigen á descender por una línea perpendicular al punto de la superficie de la tierra á que ellos corresponden; y sino descienden por esta línea, es porque hay algun obstáculo que se opone á ello.

Parece que esta fuerza que hace descender á los cuerpos, es una consecuencia de la gravitacion general que se observa en la naturaleza. Pero como no se sabe de cierto cual es la causa fisica de esta gravitacion, se ignora del mismo modo cual es la causa fisica de la pesantéz.

Todos los sistemas que han imaginado los fisicos para dar razon de esto, pueden reducirse á tres clases.

Los unos miran la pesantéz como una cualidad inherente y primordial de los cuerpos, como una ley general de la naturaleza: otros pretenden que sea la pesantéz el efecto de la impulsión de alguna materia muy sutil é invisible; pero ¿cual es esta materia? ¿como obra? ¿y porqué no impele á los cuerpos mas que en una direccion perpendicular al orizonte? Otros en fin dicen que la pesantéz no es mas que un ejemplo particular de la atraccion recíproca de los cuerpos. Pero esta accion de los cuerpos los unos sobre los otros obrando como fuerza de ellos mismos, sin intermedio, y á grandes distancias, es difícilísima de comprehender.

Hasta ahora no se ha dado esplicacion ninguna que satisfaga acerca de la causa fisica de la pesantéz: dejémos pues de querer averiguar cual es esta causa, y ciñámonos al conocimiento de los efectos que será de mayor utilidad.

Sucede frecuentemente que la pesantéz obra sola so-

bre los cuerpos, en cuyo caso caen estos siguiendo las leyes que vamos á establecer. Otras veces obra la pesantez sobre los cuerpos conjuntamente con alguna otra potencia; lo que es causa de que el movimiento sea compuesto.

Hay ciertos cuerpos como el humo, la llama, los vapores y otros muchos de esta especie, que no se colocan en la clase de cuerpos graves. Pero sin examinar aquí la razon de este fenómeno, y la causa que determina ciertos cuerpos á apartarse antes que acercarse al centro de nuestro globo; lo que se comprenderá mejor cuando habremos espuesto los principios de la Hidrostática, demostraremos por experiencia que esta especie de cuerpos son ligeros.

Mas como no hay cuerpo alguno tomado en la clase de aquellos que se miraban antiguamente como ligeros, que no nos hiciese observar fenómenos semejantes, debemos pues inferir que todos los cuerpos son graves, esto es, que estan todos sujetos á la accion de la gravedad; porque en este sentido es en el que se debe entender aquí el término pesado.

En efecto es preciso no confundir, como lo hacemos con bastante frecuencia, el peso de un cuerpo con su gravedad.

El peso de un cuerpo indica precisamente las sumas de sus partes pesadas ó mas comunmente lo que pesa cuando se le pone en equilibrio con un peso conocido.

Al contrario la gravedad espresa la fuerza con que este cuerpo se dirige al centro de los graves, ó aun mejor, la velocidad con la cual se dirigiria hacia este centro, si abandonado á sí mismo, no encontrase obstáculo que se opusiese á este efecto.

En un mismo lugar de la superficie de la tierra, la accion de la gravedad es lá misma para todos los cuerpos: de donde se sigue, que cualquiera que sea su masa, deberian adquirir todos al caer la misma velocidad. Si otra cosa sucede en medio de nuestra atmósfera, si por ejemplo observamos que un pedazo de plomo llega mas pronto á la tierra que una pluma, es por efecto de la resistencia del aire que se opone mas eficazmente al movimien-

to del cuerpo que tiene menos masa. Así es qué un vaso purgado de aire, en la máquina neumática, los cuerpos cualesquiera que sean, todos emplean exactamente el mismo tiempo en caer de la misma altura.

Resta aun determinar si la accion de la gravedad es la misma, y si su intensidad se hace sentir del mismo modo en todos los climas de la tierra.

Varios físicos se han ocupado detenidamente en averiguar por multiplicados y repetidos esperimentos ejecutados en diferentes puntos del globo, si la accion de la gravedad era la misma en todos ellos; de cuyos resultados convinieron unanimemente en que la accion de la gravedad iba aumentando del Ecuador á los polos.

Pero el célebre Nêwton fué el que adelantó mas sus descubrimientos llegando á calcular los distintos grados de aumento que adquiere el esfuerzo de la gravedad apartándose del Ecuador: y creyó tambien que esta fuerza del Ecuador á los polos aumentaba con muy corta diferencia, como el cuadrado de la latitud; lo que indujo á demostrar que la accion de la gravedad no era la misma en todos los puntos de la tierra, y que aumentando del Ecuador á los polos, era debida esta variacion á la fuerza centrífuga como dijimos hablando de ella; y que siendo mayor la fuerza centrífuga en el Ecuador, donde los cuerpos describen mayor círculo que en cualquiera otra latitud, este exceso de fuerza centrífuga disminuye otro tanto el efecto de la gravedad, á lo que deberá agregarse la figura de la tierra.

De lo espuesto debemos entender por grave todo cuerpo que tiene una tendencia hácia un punto; y entonces diremos que gravita hácia este punto; y como todos los cuerpos de la naturaleza tienen la tendencia hácia un punto cualquiera, todos son graves.

Llamarémos gravedad aquella fuerza, por la cual todos los cuerpos tienden unos hácia otros, y por cuya fuerza son solicitados á bajar hácia el centro de la tierra.

Por pesadez la fuerza particular que hace que los cuerpos ejerzan su presion sobre los obstáculos que se oponen directamente á su caída, diferenciándose de la gravedad en que la pesantéz es la suma de las partes graves ó cantidad

de materia del cuerpo; mientras que la gravedad es la fuerza por la que un cuerpo cualquiera tiende hácia otro: llamándose por algunos atraccion en las grandes masas, y en las pequeñas moléculas afinidad química; y comparando la fuerza que hemos denominado centrípeta, con la llamada gravedad vemos que son perfectamente semejantes.

Tambien no se deberá confundir las voces de pesantéz y peso; entendiéndose por la 1.^a la fuerza que escita el cuerpo á descender, y por peso la suma de las partes pesadas que están contenidas bajo su volúmen.

LECCION DÉCIMA SÉPTIMA.

DE LA ATRACCION CONSIDERADA TANTO EN LAS GRANDES MASAS, COMO EN LAS MOLÉCULAS ELEMENTALES: DE LOS FENÓMENOS DE LA ADHESIÓN Y COHESION.

De la atraccion en las grandes masas y en las moléculas elementales.

ARTICULO TERCERO. Muchos antiguos fisicos confundieron las palabras de atraccion, gravitacion y pesantéz; pero nosotros mas felices en descubrimientos, distinguiremos la atraccion de las otras dos voces; así como debemos distinguir la atraccion que se verifica en las grandes masas de la atraccion molecular ó química, la que no es otra cosa que aquella fuerza con que las moléculas de los cuerpos se atraen recíprocamente, se buscan y se unen mas ó menos estrechamente, cuando la distancia que las separa es casi insensible. Esta fuerza es conocida con el nombre de afinidad. Es preferible nombrarla atraccion molecular, ó atraccion química, y esta preferencia está fundada en que esta última denominacion es simple, en que nada supone, en que espresa solamente lo que se presenta á nuestros sentidos, cuando esta fuerza se pone en accion, al paso que el nombre de afinidad es consagrado desde la época de su origen á significar unas veces relaciones morales, otras metafísicas, y otras enlaces de parentesco.

Se han distinguido desde el principio tantas suertes de:

afinidades cuantos fenómenos diferentes se han presentado: de aquí la division de la afinidad en afinidad de agregacion, de composicion, de disolucion, de precipitacion, simple, doble, de intermedio, disponente, recíproca, higrométrica &c. &c.

Todas estas afinidades son una sola y misma fuerza considerada bajo diferentes respetos y en diferentes circunstancias.

Las reducirémos á tres, en las que será fácil hacer entrar todas las demas, la atraccion simple, la atraccion electiva, y la atraccion complexa.

La atraccion simple es la que se ejerce entre dos sustancias simples ó compuestas, con tal que en cada una los principios componentes no obren mas que por una fuerza colectiva.

Si las dos sustancias son de la misma especie, se obtiene un todo homogéneo cuyas partes están ligadas por la fuerza de atraccion, la que toma entonces el nombre de fuerza de agregacion ó de fuerza de cohesion. Un fragmento de mármol, un pedazo de azufre, son formados de moléculas homogéneas unidas mas ó menos fuertemente por la atraccion, segun tenga mayor ó menor actividad y energía.

Si las sustancias de que se trata son de diferentes especies resultan fenómenos diferentes proporcionales al grado de intensidad de la atraccion. Esta experimenta variaciones que importa hacerlas sensibles por medio de ejemplos.

Cuando se echa aceite encima del agua, no se hace mezcla alguna, cada una de las sustancias toma el lugar que le corresponde por su gravedad específica.

La atraccion electiva tiene lugar todas las veces que á un compuesto de dos sustancias se le presenta un cuerpo que tenga mas atraccion, por uno de los componentes, que estos entre sí. En la atraccion electiva hay siempre tres fuerzas en accion.

La atraccion molecular ó química no tiene lugar sino entre las moléculas mas pequeñas de los cuerpos; esta es muy grande en el contacto á una distancia sensible. Esta ley es un resultado nada equívoco dado por la experiencia.

La atraccion química de diferentes sustancias se ejer-

ce no solo en razon de su energía, sino tambien en razon de la cantidad de estas sustancias. Mr. Berthollet nos ha dado á conocer esta ley, cuya existencia apoya sobre hechos incontrarrestables.

Varios experimentos comprueban que cuando dos cuerpos impelidos por atracciones diferentes hácia un tercero, están en contacto con este último, en igualdad de circunstancias, éste se parte entre los dos no solo en razon de la energía de su atraccion, sino tambien en razon de sus cantidades. Siguiéndose de aquí que una grande cantidad puede compensar una mayor fuerza de atraccion y recíprocamente; y de consiguiente que para que un cuerpo se parta igualmente entre otros dos, las atracciones de estos últimos para el primero deben ser recíprocas á sus cantidades.

De lo espuesto se siguen las leyes siguientes:

1^a A distancia finita, todos los cuerpos de la naturaleza se atraen en razon directa de las masas é inversa del cuadrado de las distancias. La atraccion no pertenece esclusivamente á las masas. Está dividida entre todas las moléculas.

2^a Una masa finita cualquiera puede ser mirada como compuesta de un número infinito de partes infinitamente pequeñas á que llamo moléculas elementales, y en que cada una de consiguiente es igual á la masa entera dividida por el infinito.

3^a La molécula elemental de una masa finita, no puede suponerse mas pequeña que una masa infinitamente pequeña de primer orden; porque se ha visto que se puede mirar una masa finita como compuesta de un número infinito de partes infinitamente pequeñas á que llamamos moléculas elementales, de las que cada una es igual á la masa entera dividida por el infinito, esto es, que cada una de estas partes de una masa finita tiene y no puede tener sino una masa infinitamente pequeña de primer orden.

4^a Las masas se estiman por los pesos, y estos se componen de los volúmenes combinados con las densidades.

Lo espuesto nos da ideas claras sobre algunas propiedades de las moléculas elementales.

La indivisibilidad de las moléculas elementales puede solo garantir á la naturaleza su inalterabilidad y su duracion; porque si las moléculas elementales pudieran ser divididas, ó alteradas de un modo cualquiera, esta alteracion produciría otra necesariamente en los cuerpos que resultan de su reunion, y de consiguiente la naturaleza de los cuerpos mudaría con la de los elementos que los componen.

A estas moléculas indivisibles é indestructibles ha dado la naturaleza la impenetrabilidad, la movilidad, la inercia y la propiedad que tienen de tender las unas hácia las otras, en virtud de una fuerza variable en razon directa de la masa é inversa del cuadrado de la distancia. Las moléculas elementales obedeciendo á esta fuerza se unen tanto mas estrechamente, quanto sus centros de accion están mas aproximados, y forman así moléculas mayores cuya fuerza atraente disminuye, porque la distancia que separa sus centros de accion aumenta. Muchas de estas últimas unidas entre sí, constituyen moléculas aun mayores, cuya fuerza atraente va siempre debilitándose y asi sucesivamente, hasta á la formacion de las moléculas de que se componen los cuerpos naturales, y que son conocidas bajo el nombre de moléculas integrantes.

En cuanto á la forma de las moléculas elementales, es probable que varia considerablemente, lo que hace variar la fuerza atractiva que anima diferentes moléculas, que están en contacto, porque es claro que una diferencia en la forma de las moléculas debe producir otra en la aproximacion de los centros de atraccion quando las moléculas están en contacto; de que se debe originar necesariamente una diferencia en la fuerza atractiva que las anima.

La forma de las moléculas elementales nos es, y nos será siempre desconocida. Parece no obstante que la figura esférica no es la que ellas han recibido de la naturaleza; porque 1º la figura esférica no es favorable á la union de las moléculas, pues que dos esferas no pueden tocarse mas que por un punto; 2º aunque las moléculas de los líquidos afectan constantemente la figura esférica, no por esto es menester pensar que esta figura sea la de sus moléculas elementales. La figura esférica es tan accidental á las mo-

lécúlas de los líquidos como la líquidéz que le dá origen. Basta para convencerse de esto observar que la forma esférica abandona las moléculas de los líquidos en su paso al estado de sólidos.

¿Pero cual es la forma de las moléculas integrantes de que se componen los cuerpos homogéneos? Este es sin duda uno de los problemas del que en vano se buscaria una resolucion completa y perfectamente satisfactoria. Todo lo que podemos decir racionalmente es que la forma de láminas muy finas, parece ser la mas favorable á la union de las moléculas, porque esta forma favorece mucho á la aproximacion de los centros de accion; es claro que toda otra figura tiende á aumentar la distancia que separa los centros de accion de las moléculas puestas en contacto, y de consiguiente á disminuir la fuerza atractiva que las anima. Ademas se verá en lo sucesivo que los colores de los cuerpos naturales presentan fenómenos que no se pueden explicar de un modo plausible, sino concibiendo los cuerpos compuestos de láminas muy delgadas aplicadas las unas sobre las otras.

De los fenómenos de adhesion y cohesion.

ARTICULO CUARTO. Llamamos adhesion, á aquella propiedad que tienen los cuerpos de unirse á otros, ó que tienen las partículas de un mismo cuerpo de permanecer unidas á otras, hasta tanto que una fuerza superior á la adhesion, las obligue á separarse, ó desunirse.

Esta fuerza que mantiene unidas las partículas ó moléculas, es la que causa el fenómeno de la adhesion.

La fuerza de adhesion crece con la estension de superficies, y varia segun la naturaleza de los cuerpos, que se ponen en contacto.

Para explicar este hecho se supone que la accion prolongada de la fuerza atractiva escita á las moléculas á pequeñas oscilaciones á favor de las cuales se efectua una aproximacion mas íntima y se forma un número mayor de puntos de contacto entre las dos superficies.

Todo el mundo sabe que despues de haber reducido á

polvo un cuerpo no se puede conseguir inmediatamente el reintegro de las partículas para formar de ellos una masa sólida; y esto proviene de que siendo las partículas muy gruesas y desiguales entre sí, se hallan por lo mismo demasiado separadas para poder atraerse mutuamente; pero se concibe que si estuviesen mas divididas y fuesen mas iguales, el espacio que dejasen entre sí, vendría á ser menor, y que podrian aproximarse bastante para atraerse, como se verifica, si se toman dos láminas de mármol ó de vidrio bien planas y pulimentadas, y se las refriega una con otra apretándolas con fuerza para que se toquen lo mas exactamente posible, se observará tratando de separarlas por un esfuerzo perpendicular á su superficie que tambien adhieren muy fuertemente entre sí, y entonces se conseguiría recomponer el cuerpo que se habia quebrado.

Por cohesion entenderémos: la fuerza por la cual adhieren entre sí las partículas de los cuerpos de un modo capaz de oponer mas ó menos resistencia á su separacion. En cuanto á la fuerza de cohesion que une entre sí las moléculas de un cuerpo homogéneo, ó que ha pasado á serlo por la atraccion de los principios que le componen, la teoría hace ver, y la esperiencia confirma que debe ser mucho mayor que la fuerza de adhesion. En esta solo hay aproximacion de superficies; en la cohesion hay contacto en todos los sentidos que las moléculas de la materia lo permiten. Dos láminas metálicas aplicadas la una sobre la otra deben pues oponer á su separacion una resistencia débil con relacion á la que oponen las dos láminas reducidas á una sola masa por medio de la fusion.

Por último, vemos en las atracciones de las moléculas elementales, ó en sus afinidades químicas otros varios fenómenos que son mas propios el tratar de ellos en la química.

De los efectos de la gravedad sobre los cuerpos que domina.

ARTICULO QUINTO. Todo cuerpo abandonado asi mismo puede moverse perpendicular ú oblicuamente al horizonte. En ambos casos está igualmente sujeto á la accion de la gra-

vedad, solo con esta diferencia que la intensidad de esta fuerza se declara de un modo mas enérgico en el primero de estos dos casos que en el segundo, y esto es lo que vamos á tratar.

Efectos de la gravedad perpendicularmente al horizonte.

ARTICULO SESTO. Hemos demostrado que la gravedad es una fuerza constante que obra continuamente sobre los cuerpos sometidos á su accion. Prescindiendo, pues, de todo obstáculo propio para disminuir el efecto de esta fuerza, se la puede considerar en un tiempo finito y determinado como un número de grados pequeños de fuerza iguales entre sí, y acumulados unos sobre otros.

De este principio se deduce :

1.º Que todo cuerpo sujeto á la accion de la gravedad, debe acelerar su movimiento, respecto de que á cada instante infinitamente pequeño, recibe una impresion nueva que se une á aquella, ó aquellas que ha recibido ya, y que se supone separado de todo obstáculo.

2.º Que los grados de velocidad que adquiere un móvil cayendo, son directamente como los instantes infinitamente pequeños que se pasan en el tiempo de su descenso.

Estos grados se representan por la série directa de los números naturales 1. 2. 3. 4. 5. 6. &c., hasta el infinito. Resultando, que si al fin de un instante infinitamente pequeño, el móvil ha adquirido un grado de velocidad, habrá adquirido dos al fin del segundo instante, semejante al primero; tres al fin del segundo, y así sucesivamente. De donde se sigue que si un móvil continuase á moverse con sola la velocidad adquirida en un instante finito y determinado, correría el instante siguiente, y semejante al primero un espacio duplo del que habria corrido en toda la duracion del primero.

Y por consiguiente el espacio que corre un móvil en virtud de una velocidad adquirida en un instante finito y determinado, y que queda uniforme durante éste, es pues duplo del que correría este mismo móvil en el mismo tiempo, en virtud de una velocidad que no adquiriese sino sucesivamente.

Debe advertirse, que siendo de la mayor importancia el conocimiento de los diferentes fenómenos y resultados que ofrece en la naturaleza, tomada esta palabra en el valor genérico, esto es, el conjunto de todas las fuerzas y leyes que guian y siguen los cuerpos en sus descensos ó caídas; se hace indispensable tratar con la debida estension semejantes fenómenos.

LECCION DÉCIMA OCTAVA.

DE LA VELOCIDAD ACELERADA, UNIFORME Y RETARDADA EN EL DESCENSO Ó CAÍDA DE LOS GRAVES: EFECTOS DE LA GRAVEDAD SOBRE LOS CUERPOS, QUE SE MUEVEN EN DIRECCION OBLICUA AL HORIZONTE.

Velocidad acelerada.

ARTICULO SEPTIMO. Se llama comúnmente velocidad acelerada á la que adquiere el móvil sucesivamente en toda la duracion de un instante finito y determinado.

Asi como velocidad uniforme á la que se concibe como enteramente adquirida, y en cuya virtud continúa á moverse en la duracion del instante siguiente.

De modo que si la gravedad que anima á un móvil y que lo hace caer, 1.^o cesa de obrar contra él al fin, por ejemplo, del primer instante, este móvil continuará á moverse en el segundo instante, y en todos los demas consecutivos y semejantes al primero, en virtud de la fuerza que habrá adquirido sucesivamente, en toda la duracion de este. Luego correrá constantemente en cada uno de estos instantes sucesivos un espacio duplo del que habrá corrido en el primero, respecto de que la velocidad acelerada que habrá adquirido en la duracion de este, resultará y quedará uniforme durante todos los demas instantes.

2.^o Que todo cuerpo que se mueve durante varios instantes en virtud de la gravedad que lo domina, se mueve empezando desde el segundo instante en virtud de dos fuerzas, que la una es uniforme, y la otra acelerada.

3.^o Que los espacios que corre un móvil en su des-

censo cuando es continuado por muchos instantes, crecen como la série directa de los números impares 1. 3. 5. 7. &c.; esto es, que en el segundo instante corre un espacio triple del que ha corrido mientras el primero, que corre un quintuplo en el tercero y así sucesivamente.

La esperiencia justifica cuanto se puede esta teoría. Sabemos que un cuerpo abandonado perpendicularmente á sí mismo, corre quince pies en la duracion del primer segundo de su descenso. Midiendo, pues, el tiempo del descenso de un cuerpo por segundos, se veria si el experimento fuese bastante cómodo de practicar, que corre quince pies en el primer segundo, cuarenta y cinco en el siguiente, setenta y cinco en la duracion del tercero, y así sucesivamente.

4.º Se sigue aun del mismo principio que los espacios corridos con movimiento uniformemente acelerado, empezando á contar desde el primero, son entre sí como los cuadrados de los tiempos empleados en correrlos.

De donde se infiere 1.º que si se conoce el tiempo que ha empleado un cuerpo en caer de una cierta altura, se podrá determinar fácilmente esta.

2.º Si se conoce la altura de donde ha llegado un móvil en virtud de la gravedad, se podrá conocer fácilmente el tiempo que habrá empleado en correrla.

Velocidad uniforme.

ARTICULO OCTAVO. Parece natural deducir de todo lo que acabamos de decir hasta ahora, que un cuerpo que caería de muy alto, debiera llegar hácia la superficie de la tierra con una velocidad enorme, y propia para hacerle producir un grande esfuerzo contra otro que encontrase en su camino. Esto es efectivamente lo que sucede algunas veces cuando el granizo, por ejemplo, se precipita de una cierta altura: rompe los vidrios de las casas; arruina las mieses; derriba los árboles y sus frutos; tala las viñas; mata algunas veces los animales &c.; pero estos efectos no se verifican sino cuando trae consigo una masa algo considerable. Sin embargo no seria menos perjudicial en cualquiera otra

circunstancia, si la fuerza de un cuerpo que cae hácia la superficie de nuestro globo, y que atraviesa su atmósfera, no fuese mitigada por la resistencia que el aire le opone en su descanso. Creciendo esta resistencia, siendo todas las cosas iguales, como el cuadrado de la velocidad con que cae el cuerpo, disminuye mas ó menos sensiblemente la velocidad del móvil.

Se atribuye en gran parte á esta causa el movimiento uniforme á que llegan al cabo de cierto rato todos los cuerpos que caen de una grande altura. Los cuerpos, dice muy bien el abate Nollet, llegan mas presto ó mas tarde á este movimiento uniforme, segun la densidad de los medios que atraviesan, ó segun el mayor ó menor volúmen que tienen con la misma masa. Confirma tambien esta idea por lo que comunmente sucede en el descenso de varios cuerpos, cuyas masas son distintas, y que caen todos de la misma altura.

No podemos menos de convenir en que la resistencia de los medios contribuye mucho á disminuir la velocidad de los cuerpos que caen, y concurre á la produccion del movimiento uniforme á que los vemos llegar. Pero ademas de esta causa, que no puede dejar de acelerar mas ó menos el instante en que puede verificarse este efecto, parece mas natural creer que un cuerpo que cae de una grande altura, podria aun adquirir un movimiento sensiblemente uniforme, despues de un cierto espacio de tiempo, aun cuando no tuviese que padecer resistencia alguna de parte del medio que se vé precisado á atravesar.

Velocidad retardada.

ARTICULO NUEVE. Todo cuerpo que se mueve de abajo arriba en direccion contraria á la gravedad, retarda necesariamente su movimiento al subir. Este retardamiento es una consecuencia necesaria de la misma causa que lo hace acelerar cuando baja, y se mueve segun una direccion favorable á la de la gravedad. En efecto conspirando la misma causa á dirigirlo de arriba abajo, se opone á su subida con toda la fuerza que pretende comunicarle en direccion con-

traria. Luego se puede y debe aplicar al movimiento retardado todo lo que acabamos de decir del acelerado; pero no obstante, con esta diferencia que los espacios corridos en virtud de un movimiento uniformemente retardado, decrecerán segun la progresion inversa 9. 7. 5. 3. 1.

Es, pues, muy fácil demostrar la altura á que se halla levantado un cuerpo que se habrá arrojado perpendicularmente de abajo arriba, cuando se sepa el tiempo que habrá empleado para volver á caer bácia la superficie de la tierra.

La misma causa que produce el descenso acelerado de los cuerpos cerca de la superficie de nuestro globo retarda su movimiento, cuando se verifica de abajo arriba, y los espacios que corren en esta direccion, decrecen en tiempos iguales, segun la progresion de los números impares 1. 3. 5. 7. 9. &c. Esto es muy evidente para que nos detengamos en ello, basta observar solamente que esta diferencia se verifica en todos los casos en que hemos considerado el movimiento acelerado de los cuerpos, y en los cuales se puede examinar igualmente el efecto contrario de la gravedad, ó el movimiento retardado.

Teniendo presente cuanto hemos espuesto se podrá con la mayor facilidad resolver y determinar multitud de problemas que están fundados en los mismos principios.

Efectos de la gravedad sobre los cuerpos en direccion obliqua al horizonte.

ARTICULO DIEZ. No se puede representar mejor el movimiento de un cuerpo que lo ejecuta oblicuamente al horizonte, que por el de este mismo cuerpo que se moveria segun la longitud de un plano inclinado.

Se dá el nombre de plano inclinado á todo aquel que hace un ángulo con el horizonte. Siendo tanto mas inclinado, cuanto su ángulo con el horizonte es mas ó menos agudo.

En todo plano inclinado se consideran tres cosas, su longitud, su altura, y su base.

Por consiguiente todo cuerpo que se mueve sobre la

longitud de un plano inclinado acelera su movimiento del mismo modo que si cayese libre y perpendicularmente al horizonte; respecto de que está sometido sobre este plano á la accion de la gravedad que lo determina á bajar segun la longitud de él.

Luego los espacios corridos á cada instante por un cuerpo que se mueve segun la longitud de un plano inclinado, crecen como los números impares 1. 3. 5. 7. &c., y que estos espacios, empezando á contar desde el primer instante, son entre sí como los cuadrados de los tiempos empleados en correrlos.

Se demuestra con bastante precision que el descenso de un cuerpo sobre un plano inclinado, se hace segun la progresion indicada, y tal como se haria si cayese libre y perpendicularmente al horizonte.

Para conocer ahora el efecto que produce la inclinacion del plano, y como debilita el movimiento del móvil que la corre, supongamos un cuerpo colocado sobre un plano inclinado, el efecto de la gravedad que lo determina á bajar, lo solicita segun la direccion perpendicular al horizonte, y segun la cual se moveria, si no encontrase un obstáculo invencible, á saber, el plano sobre que se mueve.

Modo de determinar esta disminucion.

ARTICULO ONCE. La velocidad con que se mueve un cuerpo, segun la longitud de un plano inclinado, es á aquella con que lo ejecuta libre y perpendicularmente al horizonte, segun la altura de este plano, como esta es á su longitud. De aqui si la altura de un plano inclinado no es sino la mitad ó el tercio de su longitud, entonces este cuerpo no tendrá sino la mitad ó el tercio de la velocidad que tendria, si cayese libre y perpendicularmente al horizonte, de la altura de este plano.

En todo cuerpo que se mueve por un plano inclinado consideraremos dos fuerzas: la una absoluta, y la otra relativa.

La fuerza absoluta es la que describiria el cuerpo, y puede representarse por una línea perpendicular á la cual

obedecería sin el obstáculo que le opone la inclinacion del plano.

La fuerza relativa es la que subsiste y obtiene su efecto independiente de la posicion del plano; la que puede expresarse por una línea oblicua igual á la direccion del mismo plano.

Y de aquí, el que la velocidad con que se mueve, sea á aquella con que caeria libre y perpendicular al horizonte, como la fuerza relativa es á la absoluta; y estas dos son entre si, como la altura del plano inclinado es á su longitud.

De modo que la fuerza relativa, no empieza pues á nacer, y á seguir su progresion que siente, sino en el momento que el plano se levanta, y á proporcion que disminuye su inclinacion. De modo que la fuerza relativa será representada por la altura del plano, mientras que la longitud de éste mismo representa la fuerza absoluta.

Bajo los mismos principios, obtienen sus resultados los diferentes fenómenos, que se ofrecen á los cuerpos en sus descensos ó caidas por un plano inclinado; asimismo se puede inferir aun de las mismas teorías, que si un cuerpo se mueve y baja á lo largo de varios planos inclinados y contiguos, cualquiera que sea la inclinacion de cada uno de ellos, habrá adquirido al fin de su descenso una velocidad igual á la que hubiera adquirido, si hubiese caido libre y perpendicularmente de una altura igual á la de todos los planos. Y en los mismos principios está fundado el movimiento de los cuerpos por planos inclinados en el círculo; pues su circunferencia no es mas que un polígono, que se puede mirar como una infinidad de líneas rectas pequeñas, contiguas unas á otras, que representan planos inclinados pequeños.

LECCION DÉCIMA NOVENA.

DE LA CURVA CICLOIDE: DE SUS FENÓMENOS, APLICACIONES, Y DEL MOVIMIENTO DE PROYECCION.

ARTICULO DOCE. Los cuerpos en ciertos movimientos des-

criben otra línea curva conocida con el nombre de cicloyde.

Entendiéndose por tal, una línea curva, formada por la revolucion de un punto de la circunferencia de un círculo, que se desenvuelve sobre una línea recta.

Historia de la curva cicloyde.

ARTICULO TRECE. Al Padre Mersenne debemos el descubrimiento de esta línea curva; pues considerando atentamente el movimiento de uno de los clavos aplicados sobre una de las llantas de una rueda de coche, imaginó muy bien que este clavo participaba al mismo tiempo de dos movimientos, el uno en línea recta, y el otro al rededor del eje de esta rueda: de donde infirió que no podía describir ni una línea recta, ni circular, sino una curva que participaba de la naturaleza de estas dos líneas.

Este célebre matemático ayudado de las luces de Rovelbal, llegó á conocer la naturaleza de esta curva, dejando sin embargo muchas cosas que desear, y que no se llegaron á conocer perfectamente sus propiedades, sino despues que Descartes nos enseñó el método para determinar su tangente; cuya rectificacion nos dió despues el sábio Wren.

Por tanto consideraremos preciso é indispensable recomendar la lectura de los trabajos de estos célebres matemáticos en las obras de aquellos, que han escrito particularmente sobre esta curva.

Entre los distintos métodos que pueden emplear para describir una cicloyde elegiremos el siguiente. Es puramente mecánico, y por consiguiente se acerca mas á las operaciones de la fisica experimental.

Sea un plano circular que vuelve sobre si mismo corriendo la línea que se llama directriz, quando este círculo habrá hecho su revolucion, el punto de su circunferencia habrá descrito la curva y esta es una verdadera cicloyde. Llámase este círculo, círculo generador de la cicloyde.

Esta curva es conocida universalmente por la línea del mas pronto descenso. Tambien se observa constantemente

que aunque un cuerpo se mueve mas pronto corriendo un arco dado, que la cuerda del mismo, asi como lo hemos demostrado, se mueve todavia mas pronto por un arco de cycloide.

Aplicaciones de la cycloide á los péndulos.

ARTICULO CATORCE. De que todo arco de cycloide grande ó pequeño es corrido en el mismo tiempo, debe inferirse, que no se podia arreglar mas exactamente el movimiento de un péndulo, que haciéndolo oscilar entre dos arcos cycloides. Esta aplicacion ingeniosa fué recibida desde luego con aplauso, y se usó de ella por algun tiempo. Pero la dificultad de doblar exactamente láminas de cobre en figura de cycloides, y las influencias del aire sobre la parte flexible del péndulo cycloidal, fueron los primeros obstáculos que se opusieron á esta práctica.

Célebres relojeros observaron despues, que las oscilaciones circulares pequeñas que se hacian, por ejemplo, en arcos de tres á cuatro grados, se confundian sensiblemente con las que se ejecutaban en una curva cycloidal, y entonces se abandonó este método para volver el péndulo circular, limitando su movimiento á arcos muy pequeños.

La cycloide es una curva de bastante aplicacion en la geometría, y por todas sus propiedades en la mecánica, á cuyo exacto conocimiento deberán consultarse las obras de los géometras y de fisica modernas.

De la accion de la gravedad con cualquiera otra fuerza.

ARTICULO QUINCE. Hemos manifestado que todo cuerpo sujeto á la accion simultánea de varias potencias, compone su movimiento, y toma una direccion media entre las que cada una de estas potencias intenta hacerle seguir. Pero todo cuerpo que se arroja paralela ú oblicuamente al horizonte, se halla sometido necesariamente á la accion de dos potencias.

1.º A la accion de la fuerza proyectil que lo dirige segun una direccion paralela ú oblicua al horizonte.

2.º A la accion de la gravedad que se hace sentir eficazmente sobre todos los cuerpos que no están sostenidos: luego debe componer su movimiento, y tomar una direccion media entre las dos que recibe entonces.

Esta especie de movimiento es el que se conoce en la fisica bajo el nombre de movimiento misto, como que participa á un mismo tiempo del movimiento uniforme y del no uniforme, sea que este último resulte acelerado ó retardado.

De la combinacion de estas dos fuerzas, y de las variaciones á que pueden estar espuestas, resulta una multitud de fenómenos, en cuyo pormenor no debemos entrar. Solamente consideraremos aquí aquel que se presenta con mas frecuencia á nuestras investigaciones, y que el fisico no puede estudiar con demasiado cuidado por grande que sea.

Todo cuerpo puesto en movimiento por una fuerza proyectil, que lo determina segun una division paralela ú oblicua al horizonte, describe necesariamente una curva.

En efecto todo cuerpo sujeto á la accion de dos potencias, que lo dominan al mismo tiempo, se presta necesariamente al esfuerzo que cada una hace contra él, y compone su movimiento de las direcciones que cada una intenta hacerle tomar. Pero en la hipótesis presente el móvil está sometido al mismo tiempo á la accion de la fuerza proyectil que lo anima, y á la gravedad que lo domina. La primera intenta hacerlo mover uniformemente, y hacerle correr espacios iguales en tiempos iguales, prescindiendo siempre de la resistencia del medio; y la otra intenta hacerlo mover con un movimiento acelerado hácia un centro. Luego debe prestarse cada vez mas á la accion de esta última potencia, y consiguientemente describir una curva.

Se pretende con bastante generalidad que la curva que describe el móvil en semejantes circunstancias es una verdadera parabola.

Sin embargo considerándola con todo el rigor geometrico, parece que los datos no son absolutamente exactos. Y si el gran Newton estuvo bien persuadido de esta verdad, no está aun demostrado que esta curva se acerca mas, como él lo pretende, á la naturaleza de la hipérbola, que á la de la parabola.

Sobre la teoría bien conocida de esta curva que describen los cuerpos cuando están dominados á un mismo tiempo por una fuerza proyectil, que los dirige paralela ú oblicuamente al horizonte, y por la accion de la gravedad, están fundados todos los principios de la balística, parte de la artillería, que nos enseña á apuntar como conviene una boca de fuego, como por ejemplo, un mortero, un cañon ó cualquiera otro instrumento de esta especie, para que una bomba ó bala vaya á dar al punto que nos proponemos atinar.

Sin embargo observaremos que la práctica no corresponde exactamente con la teoría. Se aparta de ella mas ó menos, pero no tanto que se pueda imaginar que la teoría no sea exacta; pero estas separaciones provienen de algunas dificultades que esta no puede vencer. Estas dependen de la inflamacion de la pólvora de que se usa, y que se debe mirar como la fuerza proyectil; y de la resistencia del aire que no se puede evitar.

Hallaremos aun muchas aplicaciones mas familiares de la teoría del movimiento misto en muchos fenómenos que se presentan habitualmente á nuestras investigaciones, y á los cuales no siempre hacemos toda la atencion que merecen.

El licor que sale por el suelo que se vacia, el que se vierte de los costados de una basija agujereada lateralmente, sometido al salir á la accion de la gravedad, compone su movimiento, así de la fuerza que lo empuja hácia fuera, como de la que le imprime la gravedad á su salida de la vasija. Pero si se considera la curva que describe, se verá fácilmente que esta es una verdadera parabola.

Asi es, que uno que va á caballo directamente delante de otro, arroja oblicuamente de abajo arriba una naranja que tiene en la mano. Aquel que estuviese colocado sobre el terreno, en una situacion paralela de la línea que corre entonces el caballo, verá con bastante distincion que esta naranja describe subiendo y bajando la parabola. Sucede lo mismo en general con todos los cuerpos que están dominados á un mismo tiempo, así por una fuerza proyectil uniforme, como por la gravedad.

LECCION VIGÉSIMA.

DE LAS GRAVEDADES ESPECÍFICAS DE LOS CUERPOS EN GENERAL, Y EN PARTICULAR: DE LAS DE LOS SÓLIDOS: DESCRIPCION DEL GRAVÍMETRO: DE SUS DIFERENCIAS, USOS Y APLICACIONES.

De las gravedades específicas de los cuerpos en general y en particular de las de los sólidos.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. Se llama gravedad ó pesantéz específica de los cuerpos:

El peso que tiene un cuerpo bajo de un volúmen determinado, como por ejemplo una pulgada cúbica, ó un pie cúbico.

Cuanto mas peso tiene un cuerpo cualquiera bajo de este volúmen dado, mayor es su gravedad específica: entre todos los cuerpos la platina y el oro son los que tienen mayor gravedad específica; porque son los que mas pesan bajo de un volúmen dado.

La pesantéz específica se divide en absoluta y respectiva.

Pesantéz ó gravedad absoluta: es el peso total de un cuerpo cualquiera y sin comparacion con el peso de otro cuerpo.

Pesantéz respectiva: es el exceso del peso de un cuerpo al peso de otro cuerpo con que se le compara.

Dejamos establecido ya que la pesantéz específica ó densidad de un cuerpo, es la comparacion de su peso absoluto con el peso absoluto de un cuerpo tomado por unidad.

El agua destilada, y á su máximum de densidad, es el que se ha adoptado generalmente, como término de comparacion de la densidad de los cuerpos sólidos y líquidos; así se dice que un cuerpo pesa una, dos ó tres veces &c., ó un número fraccionario mas ó menos que el agua.

Del modo y medios de medir las gravedades específicas de los cuerpos.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Sabemos ya que un cuerpo mas pesado que el agua pierde de su peso el valor exacto del de el volúmen de agua que desaloja; y el gran Arquímedes, conociendo las relaciones de densidad del agua y del oro, ha podido por este medio determinar la cantidad de plata que contenia una corona que se creía de oro puro.

Así en esta operacion se nos dá sola la diferencia del pesa del agua y del cuerpo que se sumerge en ella, que es precisamente lo que buscamos: pero es evidente que si se fuerza á que esté sumergido en el agua un cuerpo mas ligero que ella, la diferencia de su peso en menos, se nos dará tambien por este medio.

Nada, pues, mas fácil que el conocer la densidad de un cuerpo que no se disuelve en el agua, ya esté en un solo trozo ó ya en polvo, porque esta circunstancia en nada muda su pesantéz.

Basta el pesar exactamente el cuerpo cuya densidad quiere conocerse primeramente al aire libre; se pesa en seguida un frasco ó cualquiera otro vaso que se ha llenado con agua destilada, despues de estas dos operaciones preliminares se introduce el cuerpo en el frasco, el cual desaloja una porcion de agua; se pesa nuevamente el frasco en este estado, y la diferencia de la densidad del cuerpo es mas ó menos.

Para obtener una gran precision en las medidas de este género, es preciso alejar una fuerte causa de error, cual es la presencia de aire, ó de la humedad al rededor del cuerpo ó en sus intersticios.

Tambien se deben hacer otras varias correcciones: se debe tener presente la dilatacion de los cuerpos, llevar el peso del agua al de su máximo de compensacion, y deducir la pesantéz del aire.

Gravímetro.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. Instrumento á propósito para me-

dir la gravedad específica de los sólidos y fluidos.

Desde que la química hermanada con las ciencias exactas ha hecho ver que los fenómenos de las combinaciones producidas ó descompuestas no eran el resultado de cualidades ocultas, sino la destruccion del equilibrio, causada por fuerzas motrices que algun dia se sujetarán al cálculo, se conoció la necesidad de proceder en los experimentos con tal exactitud que abrace todas las circunstancias que pueden impedir ó favorecer el movimiento.

La gravedad específica de los cuerpos debió entrar necesariamente en estas consideraciones, pues al mismo tiempo que sirve para indicar la naturaleza de los cuerpos, sirve tambien para juzgar de su pureza, de su estado de agregacion, de condensacion y de rarefaccion: todo lo cual se convierte en otras tantas causas inmediatas de movimiento ó de reposo.

Por lo mismo importa mucho perfeccionar los instrumentos destinados à medir la gravedad, y tambien hacerlos de un uso bastante cómodo en beneficio de aquellas personas que tienen que manejarlos con frecuencia.

De todos los pesalicores inventados hasta ahora, el de Farenheit pasa por el mas exacto, el cual, como sabemos tiene por principio la comparacion de los pesos en volúmenes constantes.

Los que se han construido para medir la densidad por el grado de sumersion pueden servir en los obradores para dar una aproximacion suficiente al intento, pero, sin hablar ahora de la desigualdad de los tubos ni de la impertinente dificultad de hacer las escalas por observacion, ni tampoco del vacío que dejan los intervalos de las divisiones por mas inmediatas que estén; pues no son susceptibles semejantes instrumentos de correccion en orden à las diversas temperaturas.

La forma que Nicolson ha dado hace algunos años al pesalicores de Farenheit le ha hecho propio para medir la densidad de los sólidos: su uso se halla actualmente recibido: dá con bastante exactitud hasta la quinta decimal de la relacion con el agua tomada por unidad, y es susceptible de correccion por las alteraciones en el temperamento,

y por la impureza del agua que por necesidad hay que emplear algunas veces; de modo que parece no hay mas que desear en este punto.

El nombre de pesalícor y el de arcómetro, su sinónimo por etimología, conviene muy mal á un instrumento que llene todas las condiciones indicadas; pues ambos á dos suponen que es líquido el cuerpo que se pesa, siendo así que para los sólidos es en el mismo instrumento el término de comparacion señalado, al cual nos proponemos referir el peso desconocido. Por lo cual creo debe dársele el nombre de gravímetro, palabra compuesta de las dos metro medida, y gravi graves, es decir medida de los graves; lo que es mas fácil de comprender y de aplicar en todos los casos.

Descripcion del gravímetro.

ARTÍCULO DIEZ Y NUEVE. Este instrumento que debe ser de vidrio, es de figura cilíndrica, porque esta exige el menor volúmen de los líquidos, y que por lo mismo debe preferirse cuando no hay precisión de apartarse de ella para lograr que el instrumento se mantenga en la línea perpendicular.

Lleva como el de Nicolson, dos platillos el uno superior á la estremidad de una espigueta muy delgada, en cuyo medio está señalado el punto fijo, inmersión, el otro inferior terminado en punta que contiene el lastre, y está asido al cilindro por dos asas. El cilindro tiene de diámetro once líneas, y de largo nueve pulgadas; lleva en el platillo superior un peso adicional constante de dos y medio adarmes, ó noventa granos. Añadiéndole una pieza, á la cual se le da el nombre de sumergidor, porque en efecto solo sirve cuando está colocado en el platillo inferior, y por consiguiente sumergida enteramente en el licor. Es una bola de vidrio lastrada con una suficiente cantidad de mercurio, para que su peso total sea igual al peso adicional constante, y ademas al peso del volúmen del agua que desaloja esta pieza.

Se construyen tambien de laton y de figura de dos conos unidos por sus bases, que son los que generalmente se usan en el dia.

Aplicaciones y usos de este instrumento.

ARTICULO VEINTE. Sirve para medir la gravedad específica de los sólidos, en cuyo caso es el pesalícor, ó Areómetro-Balanza de Nicolson sin diferencia alguna: tambien para los líquidos de mayor gravedad específica que el agua que sirve de término de comparacion: puede servirse de él como balanza, en caso necesario, para pesar los cuerpos cuya masa no escada del peso adicional; y últimamente siendo conocida la pureza del agua, indicará tambien sus grados de rarefaccion y de condensacion por la relacion de su masa á su volúmen.

Mucho pudiera decirse acerca de la gravedad específica de los cuerpos sólidos; pero por las tablas sinópticas de la mayor parte de los que han sido ensayados y calculados por laboriosos físicos y químicos, tanto de sustancias metálicas, como piedras preciosas, silíceas y maderas, formaremos ideas fijas y exactas, consultando las obras de los que se han dedicado á estos trabajos. Así como al tratar en la hidrostática de ellas, manifestaremos las de los cuerpos líquidos.

Restanos aun hablar de otro medio inventado para medir la diferencia del peso de los cuerpos; así como para probar que todas las masas de cualquier magnitud que sean, se atraen mutuamente aunque estén colocadas en la superficie de la tierra, que les roba en gran parte su atraccion mutua.

Este medio es un instrumento conocido con el nombre de balanza.

La que es una máquina que sirve para comparar las masas de los cuerpos, esto es, para hallar la cantidad ó la diferencia de sus pesos, poniendo en equilibrio masas iguales ó desiguales.

Generalmente las balanzas son de dos especies: la balanza comun, llamada simplemente balanza; y la balanza romana, ó simplemente romana.

La balanza comun es una máquina que sirve para poner en equilibrio dos cantidades iguales de materia, de suer-

te que sabido el peso de la una, se sabe por este medio el de la otra.

Todos conocemos la balanza comun; pero no todos saben como obra esta máquina, y que cualidades esenciales debe tener una buena balanza. De lo que trataremos con la debida estension en sus respectivos lugares, tanto de los diferentes usos de las balanzas, como de su mecanismo, efectos y diferencias.

LECCION VIGÉSIMA PRIMERA.

DE LAS DIFERENTES TEORÍAS, SISTEMAS Y OPINIONES INVENTADOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CAUSA DE LA GRAVEDAD Y PESANTÉZ.

Sistemas y opiniones.

ARTICULO VEINTE Y UNO. Muchas han sido las opiniones difundidas por los célebres físicos, que sin cesar se han ocupado procurando arrancar á la naturaleza el gran secreto sobre las causas del efecto admirable de esta propiedad tan constante y general en los cuerpos, que hemos conocido con el nombre de gravedad ó pesantéz, y en efecto el gran papel y juego que hacen en todos los fenómenos, que dejamos espuestos, estimularán sobre manera sus deseos.

En su consecuencia presentaremos la historia de los sistemas sobre esta materia tan interesante en la fisica experimental.

Los filósofos antiguos como Empédocles, Platon, Aristóteles, Kleper, Descartes, Gassendi y otros varios que sostuvieron unos, que la revolucion del Cielo dirigia los cuerpos hácia la superficie de la tierra, que miraba como el centro de esta revolucion, y ocasionaba los efectos de la gravedad, mientras que otros imaginaron ciertos espíritus ó emanaciones incorpóreas, que tiraban los cuerpos hácia el centro de la tierra: mas Gassendi consideró á la tierra como un Iman de donde salia gran cantidad de rayos, que como otros tantos anzuelos, atraen los cuerpos hácia el centro de este globo; pero se vé por esta relacion sucinta el

poco caso que debemos hacer de la opinion de los antiguos sobre esta materia , y cuan inútil sería insistir mas sobre las diversas opiniones que se han imaginado sucesivamente para explicar esté fenómeno. Limitarémos , pues , en dos clases solamente , las que merecen ser conocidas.

Los unos quieren que los cuerpos levantados sobre la superficie de la tierra , vuelvan á caer perpendicularmente hácia su centro , en virtud de una fuerza exterior que los domina , y que intenta conducirlos á él por un impulso que supera la fuerza centrífuga que los anima.

Los otros miran este efecto como el de una fuerza intrínseca que los atrae hácia este centro , ó como una ley constante de la naturaleza.

Los partidarios de la primera de estas dos opiniones no están absolutamente acordes entre sí: de aquí resulta aquella multitud de modificaciones particulares que se dieron sucesivamente al sistema del impulso , con relacion al descenso de los cuerpos , y del cual no darémos sino una idea ligera , pero sin embargo , suficiente para que se pueda juzgar de la multitud de investigaciones que se han hecho sobre este particular.

Todas estas hipótesis están fundadas sobre un principio universalmente conocido , y cuya certeza hemos confirmado hablando de las fuerzas centrales: á saber , que si varios cuerpos están encerrados en el mismo espacio de donde no pueden escaparse , el exceso de fuerza centrífuga de los unos ocasionará la fuerza centrípeta de los otros.

De resultas de este principio Descartes mira el movimiento de rotacion del torbellino que imagina al rededor de la tierra , como la causa inmediata de la gravedad de los cuerpos sublunares.

Opinion del célebre Descartes.

ARTICULO VEINTE Y DOS. Pretende , pues , que nuestro globo está rodeado de una materia fluida que circula en la direccion del Ecuador. Que este torbellino está dotado de una velocidad mucho mayor que la que lleva la tierra con él , y todos los cuerpos sublunares con ella , aunque estén co-

locados á alturas bastante considerables sobre la superficie de nuestro globo. Que imprimiéndole este exceso de velocidad mayor fuerza centrífuga, siendo todas las cosas iguales, este exceso de fuerza centrífuga ocasiona la centripeta de los cuerpos sublunares, ó aquella tendencia á dirigirse perpendicularmente al centro de nuestro globo.

Refutacion.

ARTICULO VEINTE Y TRES. Por los experimentos de Huyghens sabemos que los cuerpos abandonados á sí mismos, corren 15 pies en la duracion del primer segundo de su descenso. Pero el cálculo nos enseña que este efecto no podria ser producido por el exceso de fuerza centrífuga del torbellino de la tierra, á menos que no se le supusiese una velocidad diez y siete veces mayor que la que llevan los cuerpos, colocados hácia la superficie de nuestro globo. Pero aun cuando fuera posible admitir este caso de velocidad y aun cuando fuese cierto decir, que se puede explicar, en esta sola suposicion, la aceleracion de los graves, no por esto se seguiría que los cuerpos sublunares fuesen exactamente llevados por una perpendicular al centro de la tierra.

Hipótesis de Huyghens.

ARTICULO VEINTE Y CUATRO. La idea de este filósofo era no obstante muy ingeniosa, para que se la pudiese abandonar fácilmente. El mismo Huyghens la abrazó con complacencia, y la modificó de este modo.

La materia fluida, dice, que circula al rededor de la tierra, intenta separarse constantemente del centro de su movimiento. Pero como todo está lleno, este movimiento rápido de que está dotada, y la tendencia que la imprime el movimiento circular, hacen que rechaze hácia el centro de la tierra á los cuerpos que son menos propios que ella para seguir el movimiento á que obedece. Sentado esto, una piedra, por ejemplo, es mucho menos propia que una materia fluida para volver al rededor de la tierra, porque esta, dice Huyghens, que aunque fuese reducida á un ato-

mo de polvo, es todavía estremadamente gruesa, respecto á la materia sutil, y por consiguiente recibe de esta última distintas impresiones contrarias que se destruyen. Las unas las solicitan á volver de Oriente á Occidente; las otras de Occidente á Oriente &c., luego debe quedar sin movimiento circular y consiguientemente ser precipitada al centro.

Refutacion.

ARTÍCULO VEINTE Y CINCO. En vez de un solo torbellino al rededor de nuestro globo, como Descartes lo habia imaginado, Huyghens supone una multitud que se cruzan en diferentes direcciones. ¿Pero como no se ha de concebir que una multitud de capas fluidas pueden estar encerradas unas en otras, moverse en distintas direcciones, y obrar unas con otras, sin confundirse, y sin que se perjudiquen movimientos tan opuestos? Sin embargo, esto es lo que debiera suceder necesariamente en esta hipótesis, en cuyo favor invoca su autor á la esperiencia.

Hipótesis de Regis.

ARTÍCULO VEINTE Y SEIS. Las dificultades insuperables á que se hallaba espuesta la hipótesis de Descartes, no desanimaron á los partidarios de la impulsión. Regis, uno de sus defensores mas celosos, llegó aun hasta sostener que los graves no se dirigian directamente al centro de nuestro globo por una perpendicular, sino con efecto al centro de diversos círculos paralelos al Ecuador en que se hallaban colocados. Por consiguiente defendia la opinion de Descartes manifestando que la prueba en que se fundaba, era la mas convincente y menos equívoca de la certeza de su hipótesis.

Refutacion.

ARTÍCULO VEINTE Y SIETE. Si esto era así, lo que nadie se ha atrevido á sostener despues de Regis, es constante

que todos los pueblos verian las mismas estrellas en su Zenit; el nivel verdadero no se diferenciaría del aparente, y las nivelaciones mas grandes no estarian sugetas á las correcciones indicadas por el célebre Picard.

No atreviéndose nadie á dudar de la verdadera direccion de los cuerpos abandonados á si mismos, y sugetos á la accion de la gravedad, los partidarios mas célebres de Descartes no se ocuparon sino en modificar la opinion de su maestro.

Otros muchos célebres fisicos se distinguieron especialmente en estas investigaciones: no teniendo por conveniente hacer un análisis de la multitud de hipótesis por ingeniosas que sean ademas que no tienen relacion con la fisica experimental.

Aunque no conocemos todavia la naturaleza de la atraccion, se vé manifestamente que la gravedad no es sino el efecto de esta ley general.

Aun mucho tiempo antes de que esta verdad fuese tan generalmente recibida como lo es en el dia, los astrónomos mas célebres reconocían una atraccion general entre las esferas celestes y aun entre todas las partes de la materia.

Ley general de atraccion.

ARTICULO VEINTE Y OCHO. Parece estaba reservado al inmortal Newton poner esta teoria en toda su claridad. Con efecto fué él quien descubrió esta ley general de atraccion que hizo tanto honor á la penetracion de su ingenio, y á la estension inmensa de sus conocimientos.

La fuerza atractiva entre cuerpos que obran unos contra otros á grandes distancias, sigue la razon directa de las masas, y la inversa del cuadrado de sus distancias.

Crece, pues, en un cuerpo en la misma proporcion que aumenta su masa, y que disminuye el cuadrado de su distancia, siendo todas las cosas iguales.

Sino es posible demostrar por hechos aislados la primera parte de esta proposicion, es constante que no se puede formar duda alguna sobre su certeza. Se concibe fácilmente que estando dotado cada partícula de materia de la

misma facultad, la fuerza atractiva de dos, ó de tres partículas, debe ser dupla ó tripla de la de una sola.

En cuanto á la segunda parte de esta ley general todos los fenómenos astronómicos son otras tantas pruebas que la confirman.

Esta es, pues, una fuerza universal que domina á todas las partes de la materia, y que produce el descenso de los cuerpos sublunares, dirigiéndolos por una perpendicular al centro de la tierra.

CAPÍTULO SESTO.

LECCION VIGÉSIMA SEGUNDA.

HIDRODINÁMICA: DIVISION: LIQUIDÉZ: GENERALIDADES.

De la Hidrodinámica. (1)

ARTICULO PRIMERO. La ciencia que tiene por objeto el movimiento de los líquidos, su peso y equilibrio se nombra hidrodinámica.

Se divide en hidrostática é hidráulica.

La hidrostática, es aquella parte de la hidrodinámica que tiene por objeto, ó que trata del peso y equilibrio de los líquidos y de los sólidos sumergidos en ellos. (2)

La hidráulica es la que tiene por objeto solo el movimiento de los líquidos y fluidos. (3)

Igualmente se deduce otra ciencia que nos enseña á medir las diferentes partes de los fluidos ó líquidos, la que conoceremos con el nombre de hidrometría; así como el de

(1) La palabra Hidrodinámica es compuesta de las voces griegas hidro, agua, y dinámica movimiento de los cuerpos.

(2) También la palabra hidrostática es compuesta de las voces griegas hidro, agua, y stática, equilibrio.

(3) Hidráulica compuesta de las voces griegas agua, y cañon ó conducto por donde pasan los líquidos y fluidos.

hidrómetros, á todos los instrumentos que sirven para medir, ya el peso, ya la densidad, velocidad ó la fuerza, y las demas propiedades del agua, y de los otros fluidos.

De los líquidos.

ARTICULO SEGUNDO. Entenderémos por cuerpos líquidos. Todos aquellos que como el agua, no manifiestan inmediatamente al tacto mas que una débil resistencia; pero bastante sensible, sin embargo, para indicar su presencia aun en el estado de reposo. No pueden ser cogidos ó apretados entre los dedos como los cuerpos sólidos; no pueden amontonarse, ni conservan mas figura que aquella que les obligan á tomar las basijas.

Las porciones pequeñísimas de los líquidos toman naturalmente la forma globulosa. Esto se puede ver en el mercurio que se arroja en una mesa, y en el agua que se hecha en un plano cubierto de polvo muy fino, como tambien en las hojas de las plantas en las madrugadas de los dias de rocío, pues sus asperezas están cubiertas de globulillos muy brillantes.

Es menester atribuir esta forma globulosa á la atraccion de cohesion que las partículas líquidas tienen entre sí, juntamente con su gran movilidad.

Una gotita de mercurio colocada sobre el mármol, vidrio, &c. toma la figura esférica con bastante exactitud, y no se adhiere al cuerpo que la sostiene; se aplasta un poco tomando forma semi-esférica sobre una lámina de estaño, y adhiere de tal modo á este cuerpo que le moja. Una gota de agua forma un globo perfecto en el extremo de los pelillos que cubren las hojas de ciertas plantas; pero se aplasta y no presenta sino un emisferio sobre una lámina de mármol, de vidrio &c. á menos que estos cuerpos no estén espolvoreados con un polvo ó arena finisima que impida la accion del liquido sobre ellos.

La atraccion terrestre manifiesta también su influencia en la mudanza de figura de una gota líquida. Si esta gota está suspendida en la superficie inferior de un cuerpo al cual se adhiere por su atraccion, se alarga y se presenta en

la forma de un esferoide cuyo eje mayor es vertical. Esto se puede ver de varios modos, y entre ellos del siguiente, que es muy facil: tómese un alfiler y mojesele en agua, cuidando de que despues se escurra esta hacia la punta: se formará una gota que se alargará tanto mas cuanto mas voluminosa sea, y si lo es demasiado se desprenderá una parte que al caer toma visiblemente la forma de un esferoide prolongado en sentido vertical.

Cuando un cuerpo líquido está dispuesto en cantidad bastante considerable en una vasija, toma ecsactamente su forma, y su superficie se hace plana y horizontal; ó para hablar con mas ecsactitud, la superficie de un líquido en calma pertenece á una esfera concéntrica con el globo terraqueo, porque todas las moléculas líquidas se dirigen independientemente unas de otras hácia el centro de la tierra.

En un sin número de cuerpos sólidos se llega á reconocer á priori por la division mecánica la forma de las partículas integrantes: en otros se pueden sacar algunas inducciones sobre este punto por el ecsamen de las formas secundarias: pero ¿qué inducciones pueden sacarse sobre la forma de las partículas integrantes de los cuerpos líquidos?

Algunos autores han manifestado, que las partículas de los cuerpos líquidos se mueven y resvalan unas sobre otras con la mayor facilidad, sin experimentar alteracion en la cohesion mutua que tienen entre sí, ó lo que es lo mismo, sin que las distancias relativas que tienen entre sí sean alteradas: pero la forma esférica es la única que puede convenir á estos efectos, luego las partículas líquidas son esféricas.

Otros dicen: un gran número de cuerpos líquidos son susceptibles de solidificarse por cierta baja de la temperatura; critalizan entonces regularmente, y se puede hallar á priori ó por induccion la forma de sus partículas integrantes, que son octaedros, cubos, romboides, paralelepípedos irregulares &c.

GENERALIDADES.

Porosidad.

ARTÍCULO TERCERO. Aunque sea imposible el descubrir inmediatamente la porosidad de los líquidos, los Físicos admiten en ellos esta propiedad: 1º por la facultad que tienen de disminuir de volumen al pasar de una temperatura á otra que sea mas baja, y 2º por los fenómenos que presenta la combinacion de los líquidos entre si.

Pero se deduce mas directamente la porosidad de los líquidos del resultado de los esperimentos sobre su compresibilidad. En efecto, los líquidos sometidos á una fuerte presion disminuyen sensiblemente de volumen, de donde se sigue que sus particulas se aproximan, lo que supone que estaban unas á cierta distancia de las otras.

Impenetrabilidad.

ARTÍCULO CUARTO. Los líquidos manifiestan su impenetrabilidad siempre que se sumerge en ellos un cuerpo que no sea capaz de combinarse con ellos. Todo el mundo sabe que despues de haber llenado ecsactamente un vaso de un líquido cualquiera si se sumerge un cuerpo sólido que sea insoluble en él, ó á lo menos que no se disuelva instantaneamente, se esparce el líquido al momento derramándose por los bordes.

Tambien se juzga de la impenetrabilidad de los líquidos cuando se golpea con velocidad su superficie con la palma de la mano; se experimenta entonces una resistencia tan fuerte como si se hubiera golpeado en un cuerpo sólido. Pasando la mano rapidamente en un líquido se nota tambien una resistencia particular que indica su impenetrabilidad.

Los líquidos que no son susceptibles de combinarse manifiestan igualmente su impenetrabilidad mutua cuando se ponen unos en contacto con otros. Si despues de llenar un vaso de agua, por ejemplo, se hecha en seguida mercurio

rio se verá que se derrama un volumen de agua igual al del metal líquido que se ha añadido.

Se puede probar del mismo modo que los líquidos son impenetrables á los cuerpos aeriformes que no se disuelven en ellos.

Compresibilidad.

ARTICULO QUINTO. Los líquidos son muy poco compresibles, y no se puede demostrar su compresibilidad sino por medio de experimentos hechos con sumo cuidado, los cuales prueban que siempre se necesita una fuerza muy considerable para producir una ligera condensación.

Elasticidad.

ARTICULO SESTO. La elasticidad de los líquidos se manifiesta cuando están en forma globulosa y cambian de esta forma por cualquiera medio.

Cuando un globo de mercurio está colocado sobre un plano horizontal y se ejerce una leve presión sobre su parte superior, se le ve aplastarse un poquito mudando de forma, pero vuelve repentinamente á la forma esférica al momento que la presión cesa. Cuando un globo líquido choca con un cuerpo sólido, salta con cierta fuerza.

Tampoco se puede considerar la elasticidad de los líquidos como la de los cuerpos sólidos dúctiles, porque la movilidad de las partículas integrantes de los líquidos es demasiado grande; para que se pueda suponer que no han sido bastantes desalojadas de sus posiciones para adquirir nuevos puntos de adherencia.

Adhesion de los líquidos á los diferentes cuerpos.

ARTICULO SEPTIMO. Hemos manifestado que los cuerpos sólidos puestos en contacto, lo mas inmediato posible, por caras bien planas y pulimentadas, son susceptibles de contraer entre sí una adherencia mas ó menos fuerte; esta propiedad manifiesta igualmente entre los cuerpos sólidos y

líquidos con más ó menos fuerza segun la naturaleza de ambos. En virtud de esta atraccion mutua, vemos que los cuerpos sólidos son susceptibles de mojarse por los líquidos; y sabemos que esta propiedad varia de un cuerpo á otro, pues hay sólidos que se dejan mojar por tal ó tal líquido, al paso que otros resisten y rechazan esta especie de adhesion.

Deben considerarse estos fenómenos como resultado de una atraccion de los dos cuerpos modificada por la atraccion mutua de las particulas líquidas. Cuando esta es menor que la de los cuerpos, el cuerpo sólido queda mojado, y cuando al contrario es mayor queda seco el cuerpo sólido.

La fuerza de adhesion de los cuerpos sólidos á los líquidos se manifiesta de un modo positivo cuando se suspende una placa de una materia cualquiera en el platillo de una balanza, y despues de equilibrarla con el peso correspondiente en el otro platillo, se la hace tocar exactamente á la superficie de un líquido. Se vé entonces que ecsiste una adhesion muy fuerte entre ambos cuerpos, idéntica á la que hicimos ver respecto de los cuerpos sólidos, y que para separarlos es preciso añadir un peso mayor ó menor en el platillo contrario.

La resistencia ó la separacion varia segun la mayor ó menor facilidad con que se moja el cuerpo sólido puesto en contacto, por el líquido con que se hace el experimento. Pero es de observar en todos estos diferentes casos que no es el cuerpo sólido el que se separa del cuerpo líquido, si se ha de hablar con propiedad, si no que es una corta porcion del mismo líquido, la que se separa del resto de la masa, y queda adherida al cuerpo sólido.

Los líquidos tienen tambien unos sobre otros diversas acciones de las que no es facil formar idea esacta; sin embargo, algunas parecen depender de sus atracciones reciprocas: tal es, por ejemplo la siguiente.

Cuando se echa una gota de aceite en la superficie del agua, se estiende rapidamente formando una capa sumamente delgada que presenta circulos concentricos colo-

reados. Si se hallan algunos cuerpos ligeros flotando sobre el agua, se les vé al momento que se estiende la gota dirigirse rapidamente desde el centro á la circunferencia del líquido.

Finalmente los líquidos tambien como cuerpos que son, gozan de la inercia, segun dijimos hablando de esta propiedad general y comun á todos los que presenta la naturaleza, igualmente se ve que ellos ejercen la fuerza que conocemos con el nombre de fuerza de inercia, pues en efecto ofrecen resistencia á las causas que como potencias motrices tratan de ponerlos en movimiento.

Y asi como los sólidos obedecen á las leyes que dejamos espuestas, los líquidos asi mismo, siguen las que le son propias como veremos en las siguientes lecciones.

En ellas usaremos indistintamente las palabras líquidos y fluidos, liquidez y fluidez, tomando su significado indistintamente, pero no asi cuando se trata esclusivamente de los líquidos y fluidos, distinguiendo la liquidez de la fluidez, como la especie del género.

Un cuerpo es fluido, cuando sus partes no estan ligadas entre sí, si no que obran separadamente unas de otras.

En este sentido es en el que se consideran la arena fina, la ceniza, un monton de granos menudos como el trigo &c. que son otros tantos cuerpos fluidos. Tambien se han llamado fluidos, el humo, la niebla, los vapores &c

En consecuencia de lo espuesto deberemos ocuparnos de cuanto abraza la Hidrostática, la que para mayor claridad é inteligencia la dividiremos en tres partes.

En la 1^a examinaremos el modo de obrar el peso de un líquido ó fluido solo, y del que todas las partes son homogéneas, ó que pueden ser consideradas como tales.

En la 2^a veremos como pesan y se ponen en equilibrio muchos fluidos juntos, de diferentes densidades, y en la 3^a trataremos como se ponen en equilibrio con los líquidos los cuerpos sólidos que se sumergen en ellos.

LECCION VEINTE Y TRES.

DE LA HIDROSTÁTICA : LEYES QUE SIGUEN LOS
LÍQUIDOS O FLUIDOS Y DE LOS CUALES TODAS LAS PARTES
SON HOMÓGENEAS.*Hidrostatica. Primera parte.*

ARTÍCULO OCTAVO. Hemos dicho, que la fuerza que hace caer á los cuerpos hácia la tierra, es la única causa de su peso; y que los esfuerzos que estos cuerpos hacen sin cesar para obedecer á esta fuerza, es el motivo de que pesen sobre los obstáculos que los retienen.

Los fluidos que, como los cuerpos sólidos, tienen que obedecer á la pesantez, hacen precisamente lo mismo que ellos, pesando sobre todos los obstáculos que se oponen á su caída. Pero á causa de su liquidez, pesan de diferente modo que los cuerpos sólidos; resultando en consecuencia fenómenos del todo particulares, y que nos es indispensable conocer

Tambien hemos dicho que todo lo que es líquido, no lo es igualmente y esta es la razon de que las leyes de la Hidrostatica, que vamos á establecer se ejecuten tanto menos ecsactamente, quanto estas substancias se alejan mas de la perfecta liquidez. El agua y el aceite se esparcen si se vuelca ó quiebra el vaso que los contiene; pero la efusion del aceite es mas lenta que la del agua, por tener entre sí mas coherencia las particulas del aceite, que las que tienen las del agua.

Los efectos mas singulares de la Hidrostatica dependen principalmente de la extrema pequeñez de las moléculas de los líquidos, ó de los fluidos sutiles, y de su muy grande movilidad.

Sentados estos principios deberemos establecer las leyes que constantemente sigue la Hidrostatica cuando considera el peso de un líquido solo, y del que todas las partes son homogéneas, ó que como tales deben considerarse á la ecsactitud de ellas.

Vamos á examinar el modo con que un líquido, ó en general un fluido, tomado separadamente, y sin hacer comparacion de otros, ejerce su pesantez sobre los obstáculos que le retienen; y como se pone en equilibrio consigo mismo.

Leyes.

ARTICULO NOVENO. 1.^a Ley. Los líquidos pesan no solo en cuanto á su masa total, sino tambien en sí mismos, esto es, cuanto á las partes de que se componen.

En efecto está comprobada; pues los líquidos siguen la ley general de los cuerpos; á saber: que segun la cantidad de materia que reunia bajo un volumen determinado, asi era su peso, y que si este era como cuatro, separado por mitad, seria de dos y asi sucesivamente.

2.^a Ley. Las partes de un mismo líquido ejercen su pesantez independientemente las unas de las otras.

Esta propiedad dimana de que no tienen casi coherencia entre sí; lo que es muy diferente del modo con que pesan los cuerpos sólidos, pues que teniendo las partes de estos mucha coherencia entre sí, pesan todas en comun.

3.^a Ley. Los líquidos ejercen su presion en toda suerte de direcciones.

Es decir, que no solamente pesan, como lo hacen los demas cuerpos de arriba abajo, sino que tambien cargan con todo el valor de su peso sobre los obstáculos que encuentran lateralmente, y de abajo arriba. He aqui porque un tonel lleno de aceite líquido se vacia cuando se le abre un agujero en uno de sus lados; lo cual no sucederia si el aceite estuviese helado, porque en este caso el aceite seria un sólido, y los cuerpos sólidos no pesan mas que de arriba abajo, y en ningun modo lateralmente.

En estos principios está fundada la conduccion del agua en la mayor parte de las poblaciones: viene este líquido desde su nacimiento á llenar los depósitos ó arcas contruidos á mayor ó menor altura, segun el mas

ó menos desnivel que trae el agua, desciende desde allí por un tubo vertical, y despues de haber corrido horizontalmente por debajo de tierra en otro tubo, sube por un tercer conducto hasta el caño ó surtidero de la fuente. Se sigue tambien que cuando se construyen diques, estanques, ú otras obras hidráulicas para contener ó depositar el agua, es preciso proporcionarlas á la presion lateral que deben sufrir, cuya presion es tanto mas grande, quanto la altura del agua es mas considerable. He aquí porque es preciso que esta clase de obras tengan mas grueso y mas solidez en la parte baja que en la alta. Las mismas precauciones poco mas ó menos es preciso tomar con respecto á los fluidos groseros que pueden irse deslizando, ya por la pequeñez de sus partes, ya por su poca union.

4^a Ley. Todas las partes de un líquido mismo están en equilibrio entre sí, ya sea en un solo vaso, ya sea en muchos que se comuniquen cuando sus superficies superiores están en un mismo plano paralelo al horizonte.

Lo que es una consecuencia de lo que acabamos de decir porque; pues que la molécula debe moverse de abajo arriba, á menos que una columna igual á la columna no pese sobre ella para contenerla; es preciso para que haya equilibrio, que las estremidades superiores de estas dos columnas estén en un mismo plano horizontal, ó en puntos igualmente distantes del centro de la tierra, los cuales no pueden hallarse en una linea recta.

Puede igualmente servir para dar razon de los manantiales que se encuentran algunas veces en las cumbres de las montañas. En este principio está fundada la construccion del nivel de agua.

5^a Ley. Los líquidos ejercen su presion asi perpendicular como lateralmente, no en razon de su cantidad, sino en la de su altura por encima del plano horizontal, y del ancho de la basa que se opone á su caída.

Lo que hemos observado hasta ahora respecto al modo con que ejercen los líquidos su presion, nos pone en estado de juzgar de la que ejecutan contra el fondo y cos-

tados de los vasos que los contienen. De aquí se sigue que para apreciar la presión de un líquido contra el fondo de un vaso dado; es necesario atender 1º á la altura del líquido, 2º al diámetro de la base de este vaso. Lo que se obtiene multiplicando la altura del líquido por su base y el producto da la fuerza que se busca.

También se pudieran sacar de aquí muchas inducciones, fundadas en los principios que acabamos de esponer, pero no podemos entretenernos en pormenores mas estensos sobre objetos, cuyos principios bien desmenuzados son suficientes á cualquiera que intente dedicarse á un estudio tan simple como fácil.

LECCION VIGÉSIMA CUARTA.

DE COMO PESAN Y SE PONEN EN EQUILIBRIO
MUCHOS LÍQUIDOS Ó FLUIDOS JUNTOS DE DIFERENTES DENSIDADES.

Hidrostatica 2ª parte.

ARTICULO DIEZ. Hemos dicho que los fluidos son un conjunto de cuerpecillos muy movibles entre sí, independientes los unos de los otros, y que pesan separadamente y á proporcion de sus pequeñas masas.

Siendo preciso añadir, que cada uno mismo de estos cuerpecillos es un conjunto de particulillas mucho mas sútiles y fuertemente adheridas entre sí.

Leyes.

ARTICULO ONCE. 1ª Ley. La diferencia del peso, ó de la densidad basta para separar las partes de muchos fluidos ó líquidos que se hayan mezclado, si otras causas mas fuertes no se oponen á este efecto.

Hemos dicho que las partes de los fluidos ejercen su pesantéz independientemente las unas de las otras. Aquellas que tienen mas densidad, como tienen mas fuerza para ocupar la parte mas baja, obligan á las otras á cederles su puesto; y de este modo es como se hace la separacion:

cuando se ha mezclado bien agua y aceite, se verifica esto; porque si se deja reposar todo, como el agua tiene mas densidad que el aceite, se apodera de la parte inferior, y el aceite pasa á la parte superior.

Las causas que pueden ofrecerse á la ecsactitud de este principio son: 1.^a los rozamientos: 2.^a la viscosidad de las materias: y 3.^a la analogia entre dos ó mas líquidos.

2.^a Ley. Muchos líquidos, ó fluidos de diferente naturaleza pesan unos sobre otros á proporcion de su densidad y altura.

Los licores heterogéneos, ó de diferente densidad, estan sujetos á las mismas leyes que los homogéneos, en cuanto al efecto de su gravedad.

3.^a Ley. Dos fluidos de densidades diferentes estan en equilibrio entre sí, cuando teniendo la misma base, sus alturas perpendiculares al horizonte estan en razon recíproca de sus densidades ó pesos específicos, en cuyo caso las presiones son iguales, que es de adonde nace el equilibrio.

Los fluidos elásticos ó aeriformes tienen como fluidos todas las propiedades de estas sustancias, y se les puede aplicar todo lo que hemos dicho hasta aquí relativamente al equilibrio de los fluidos.

Pero ellos tienen á mas otras propiedades particulares dependientes de su virtud elástica, ó de la facultad por la cual disminuyen ó aumentan de volúmen, segun están mas ó menos comprimidos.

El aire cuya análisis será el objeto de una de nuestras lecciones, es de todos los fluidos elásticos, el que mejor se conoce, el mas esparcido, y el agente mas universal de la naturaleza.

4.^a Ley. El aire es un fluido pesado, y que al modo de los demas fluidos ó líquidos, ejerce su presión en todas direcciones.

Vamos á probar la ley que acabamos de establecer considerando solo la gravedad del aire, como dependiente de la hidrostática.

La presión del aire de arriba abajo, se prueba evidentemente observando las variaciones del mercurio en el tubo de Torricelli, constituyendo un instrumento meteorológico.

lógico y que conocemos con el nombre de barómetro.

La construccion de este instrumento, sus diferencias, usos y multitud de aplicaciones serán tratadas con la debida estension en su respectivo lugar cuando hablemos del aire y de sus propiedades en general, y en particular de cada una de ellas.

Ademas de lo espuesto por comprobacion de los diferentes fenómenos que ofrecen las leyes que dejamos manifestadas; otros fisicos establecen 5ª ley, como resultado de la anterior, y es la siguiente.

5ª Ley. Todos los fenómenos que observamos en los sifones dependen de la presion del aire.

LECCION VIGÉSIMA QUINTA.

DE COMO SE PONEN EN EQUILIBRIO CON LOS LÍQUIDOS, LOS CUERPOS SÓLIDOS QUE SE SUMERJEN EN ELLOS.

Hidrostatica 3ª y última parte.

ARTICULO DOCE. Vamos á tratar y esponer las leyes de la presion y equilibrio de los sólidos sumerjidos en los líquidos. Pero antes debemos recordar cuanto dejamos espuesto sobre las gravedades específicas en general, y en particular de los sólidos, dejando para la leccion inmediata la de los líquidos; á cuyo efecto nos detendrémos en algunas consideraciones relativas á este objeto, y dar una idea mas estensa de la que hemos dado de esta especie de gravedad.

La gravedad específica no es otra cosa que el peso de un cuerpo comparado con su volúmen: de donde se sigue que el peso de un cuerpo dado, siendo duplo del de otro cuerpo del mismo volúmen, su gravedad específica es dupla.

Se sigue tambien de este principio, que si la densidad de dos cuerpos es la misma en uno y en otro, su gravedad específica será exactamente como su volúmen.

Pero si las densidades y los volúmenes de dos cuerpos son diferentes, se hallará que sus densidades estan en razon compuesta de la directa de las cantidades de materia

que comprenderán, y de la reciproca de sus volúmenes.

Para seguir con orden observaremos que un cuerpo sumergido en un líquido dado, puede ser de la misma gravedad específica que este líquido, ó de una gravedad específica diferente: en este último caso puede ser específicamente mas ó menos pesado.

De la misma gravedad específica que el líquido, permanece en equilibrio en todos los parajes de la masa del líquido donde se le lleva.

Mas pesado, se precipita al fondo del líquido.

Mas ligero sobrenada mas ó menos, segun la gravedad específica se diferencia mas ó menos de la del líquido en que está metido.

Sentados estos principios establezcamos las leyes que rigen los diferentes casos que hemos propuesto.

Leyes.

ARTICULO TRECE. 1ª Ley. Un cuerpo sólido, enteramente sumergido en un fluido, será comprimido por todas partes por el fluido que le rodea; y la presion que padece es tanto mas grande, cuanto mas profundamente se halla sumergido, y cuanto mas densidad tiene el fluido.

Hemos probado que los líquidos ó fluidos ejercen su presion en toda suerte de direcciones; por consecuencia, un cuerpo sólido sumergido en un fluido, está comprimido por todas partes.

Hemos probado que crece esta presion en razon de la altura del fluido; luego la presion que padece el cuerpo sumergido, es tanto mas grande cuanto mas profundamente se halla sumergido.

En fin hemos probado que hay equilibrio entre dos fluidos cuyas alturas están en razon reciproca de sus densidades; luego á profundidades iguales, está tanto mas comprimido el cuerpo sumergido, cuanto el fluido tiene mas densidad.

Luego estando nosotros, como estamos sumergidos en el aire, que es un fluido que obra segun todas las leyes de la Hidrostatica, estamos comprimidos por todas partes

por el aire que nos rodea, mas en un sitio bajo que en un sitio elevado, y tanto mas, cuanto mas densidad tiene el aire.

Es verdad que notamos poco esta presion, sin embargo de ser muy grande, pues que con respecto á una persona de mediana estatura excede el peso de 30.000 libras: procede el que la notemos.

1.º De que esta presion sobre nosotros es continúa; y las sensaciones habituales no son para nosotros en algun modo, sensaciones; pues que solo notamos con distincion las cosas que nos son extraordinarias.

2.º De que respiramos interiormente el mismo fluido, lo que establece un equilibrio en la presion exterior y la reaccion interior.

2ª Ley. Si el cuerpo sumergido es mas pesado que el volumen de líquido que desaloja, su peso respectivo (y no su peso absoluto) le hace caer al fondo del vaso si se le deja suelto.

La prueba de esto se halla en que para estorbar que caiga el cuerpo, no se necesita un peso igual al suyo, sino solamente un peso igual al exceso de su peso, sobre el volumen de líquido desalojado. En efecto, el cuerpo sumergido ocupa el sitio de un volumen de líquido que se hallaría en equilibrio con lo demas del líquido; luego el volumen del líquido que está en la parte inferior, no debe ceder su lugar al cuerpo, sino segun el exceso de su peso sobre el del volumen de líquido: á este exceso, pues, es á lo que se llama peso respectivo.

3ª Ley. Que un cuerpo sumergido en un fluido pierde una parte de su peso; cuya parte perdida es perfectamente igual al peso del volumen del fluido desalojado.

En esta ley se funda la facilidad con que se puede evitar que un hombre se ahogue, por cualquier parte que se le sostenga, pues que su peso respectivo en el agua es de muy poco valor.

Se deduce de aquí, que un cuerpo no cae jamás con toda la intensidad de su peso absoluto, á causa de estar siempre sumergido en un fluido; lo que le hace perder una parte de su peso. Luego no le queda para caer mas que su peso respectivo.

Se sigue tambien: 1.º que á cantidad igual de materia ó á pesos iguales, quanto mas volúmen tienen los cuerpos, mas pierden de su peso por la inmersión, á causa de que entonces desalojan un volúmen mas grande de líquido.

2.º Que quanto mas densidad tiene el líquido en que el cuerpo está sumergido mas pierde de su peso este cuerpo con la inmersión; á causa de que entonces desaloja un volúmen de líquido que tiene mas peso.

3.ª Ley. Si un cuerpo es menos pesado que un igual volúmen de líquido en el cual esté sumergido, sobre nada en parte; y lo que queda sumergido desaloja una cantidad de líquido, que pesa tanto como el cuerpo entero.

Lo espuesto nos induce á manifestar, que la teoría de un cuerpo de la misma gravedad específica que el líquido en que está sumergido, lleva pocas aplicaciones particulares consigo. No sucede lo mismo con la que corresponde á los cuerpos específicamente mas ó menos pesados que el líquido en que están sumergidos. Esta última merece con mas particularidad nuestra atención; y para tratarla con mas orden, la dividiremos en dos partes.

Tratarémos en la primera de las leyes de la presión y del equilibrio de los sólidos específicamente mas pesados que los líquidos en que se sumergen.

Y en la 2.ª de las mismas leyes relativamente á los sólidos de menor gravedad específica que los líquidos.

Leyes de la presión y del equilibrio de los sólidos específicamente mas pesado, que los líquidos en que están sumergidos.

ARTICULO CATORCE. Un cuerpo específicamente mas pesado que el líquido en que se le sumerge, se hunde y se precipita al fondo de este líquido.

Con efecto se concibe que cualquiera que sea el peso de este cuerpo, la columna que lo sostiene está cargada con él.

De aquí es que un cuerpo mas pesado que un volúmen igual de líquido, se precipita al fondo de este líquido cuando se le sumerge en él.

De lo espuesto se deduce: 1.º que quanto mas volúmen

tendrá un cuerpo sumergido en un líquido, siendo además todas las cosas iguales, perderá mas de su peso: 2º el mismo cuerpo sumergido en distintos líquidos, perderá en ellos tanto mas de su peso cuanto mas densidad tendrán estos líquidos.

Fundado en estos principios se observan fenómenos: El cuerpo de un hombre, por ejemplo, es comunmente mas pesado que un volumen semejante de agua, y que esta es la razon porque, si cae en el agua, se precipita al fondo, y se ahoga. Pero si se mantiene en su lugar, y llega á padecer los diferentes grados de putrefaccion á que está espuesto, el aire que desprende aumenta el volumen de las cavidades principales, y con particularidad del abdomen ó estómago; el cuerpo resulta entonces mas ligero que un volumen semejante de agua, y se sube á la superficie.

En este caso una parte de este cuerpo sobrenada, y se halla espuesto al contacto del aire exterior; entonces la putrefaccion hace mayores progresos en esta parte que en la que se mantiene metida en el agua. Las partes entumecidas se desgarran, rebientan, y se aplastan. El volumen del cuerpo disminuye, resulta mas pesado que uno semejante de agua, y se precipita otra vez, para sobrenadar todavía cuando la putrefaccion habrá ocasionado un tumor nuevo en alguna otra parte, y que esta habrá disminuido suficientemente su gravedad específica.

Por este mecanismo se ve parecer y desaparecer varias veces á la superficie del agua el cadáver de un hombre ó de un animal ahogado.

Tambien se han visto muchas personas que se mantenian en equilibrio en el agua cuando estaban hundidas hasta el pecho. Esto es lo que se verifica en los

Cuerpos flótantes.

ARTÍCULO QUINCE. Todo cuerpo flotante desaloja un volumen de líquido cuyo peso es igual al suyo.

Cuando un cuerpo es mas pesado que el volumen de líquido que desaloja, cae al fondo en virtud del exceso de su peso; si al contrario es mas ligero debe dirigirse á la

parte superior en virtud del exceso de la presion de abajo á arriba sobre la de arriba á abajo. Esta presion debe obligarle á salir en parte del líquido; pero al instante en que principia á salir, la cantidad de líquido desalojado disminuye, y por consiguiente tambien la fuerza de ascenso: de suerte que llega un momento en que el volúmen del líquido desalojado, es tal que su peso equilibra al del cuerpo, y en este punto solicitado el cuerpo tanto de abajo á arriba como de arriba á abajo, debe necesariamente flotar ó nadar.

Se puede concluir de lo espuesto que cuanto mas denso es el líquido empleado, ó mas ligero el cuerpo, menor es el volúmen desalojado: por consiguiente el cuerpo flotante se sumerge tanto menos, cuanto mas denso es el líquido en que nada respecto á él.

Todos los cuerpos que bajo un volúmen determinado pesan menos que un volúmen de tal ó cual líquido, pueden flotar en la superficie de este líquido. Así es que el hierro, cobre, mármol, vidrio, y en general todos los cuerpos á escepcion del platino, oro, y algunos metales poco comunes, pueden flotar sobre el mercurio por ser específicamente mas ligeros que este líquido.

Arte de Nadar.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. El cuerpo humano es casi siempre un poco mas ligero específicamente que el agua dulce, de suerte que nada naturalmente en este líquido, con mucha mayor razon flota en las aguas saladas, y no hay nadie que no pueda probar en efecto que es mas facil nadar en el mar que en las aguas dulces.

Las personas gruesas en general, nadan mas facilmente que las delgadas, y aun hay personas que no pueden sumergirse en el agua, y que sin querer se mantienen en su superficie con la mayor facilidad. A pesar de esto es preciso, en general tomar algunas precauciones para evitar el sumerjir la cara en el agua; en esto y en avanzar sobre el líquido es en lo que consiste el arte del nadador.

Se sostiene bien un hombre de espaldas sin hacer nin-

gun movimiento , particularmente si tiene las piernas algo inclinadas al fondo.

Si los animales tienen al parecer mas ventajas para nadar que el hombre , las deben á la disposicion natural de sus cuerpos : la parte posterior es en ellos mas pesada que la anterior , de suerte que pueden sin mucho esfuerzo tener siempre su cabeza fuera del agua , y respirar libremente.

En el hombre al contrario , la parte anterior del cuerpo , y sobre todo la cabeza es la mas pesada , de suerte que la cabeza es la que tiende á sumergirse la primera , y por esto es preciso un estudio particular para sostenerla fuera del agua y poder respirar con toda libertad.

Todos los cuerpos por pesados que sean pueden flotar en la superficie de un líquido , siempre que se les dé una forma tal que con poco peso puedan presentar un gran volumen.

Los cuerpos que naturalmente flotan en la superficie del agua , como son la mayor parte de las maderas , flotan aun mas facilmente cuando se les dispone en formas cóncavas : la esperiencia ha enseñado hace largo tiempo á todos los pueblos , el que en vez de hacer simples planos de tablas flotantes ó balsas , hagan barcas , chalupas &c. de las formas que conocemos.

Todo el mundo sabe que juntando un cuerpo pesado con otro flotante se puede lograr hacer flotar el conjunto ; esto hacen muchas veces los nadadores principiantes , poniendose unos pedazos de corcho por debajo de los brazos ó adaptando a su cuerpo del mismo modo unas vejigas llenas de ayre.

Los cuerpos flotantes pueden emplearse ventajosamente para levantar cuerpos que se hallasen en el fondo del agua , y á los cuales se atasen con cuerdas ó cadenas.

Repetidos esperimentos y observaciones diarias , confirman la certeza de los principios que dejamos espuestos.

LECCION VIGÉSIMA SESTA.

DE LAS GRAVEDADES ESPECÍFICAS DE LOS LÍQUIDOS: MEDIOS INVENTADOS PARA MEDIRLAS: INSTRUMENTOS CONOCIDOS A ESTE EFECTO: TEORÍAS DE LOS AREÓMETROS Y SUS DIFERENCIAS.

Gravedades específicas de los líquidos.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Este es el lugar propio de recordar cuanto hemos manifestado al tratar de la gravedad específica de los cuerpos en general y particularmente de los sólidos, en atención á tener que hablar indispensablemente de la de los líquidos; cuyo conocimiento se hace tan necesario para valuar los fenómenos numerosos, que ofrece la Hidrostática.

Dijimos, que la gravedad específica de un cuerpo no era otra cosa que la relacion de su peso con su volumen.

Siguiéndose de este principio que si todos los cuerpos pudieran reducirse á tener un mismo volumen, no se habria de hacer mas que pesarlos para conocer su gravedad específica; pero esta reduccion dista mucho de ser facil.

Muchos han sido los medios inventados al efecto. Mas nos limitaremos á el mas seguro y conforme á los principios, que hemos establecido.

Propongámonos desde luego indagar cual es la relacion de gravedades específicas entre un sólido y un fluido menos pesado que el sólido.

La gravedad específica del sólido es evidentemente á la del fluido, como el peso del sólido es al peso de un igual volumen del fluido.

Si este fluido es agua comun, y si su gravedad específica se toma por unidad, como generalmente se hace para mayor comodidad, se hallará la gravedad específica del sólido dividiendo su peso en el aire por la diferencia de su peso en aire y agua.

Si el sólido cuya gravedad específica se intenta cono-

cer, es menos pesado que el agua, es menester unir á este sólido un cuerpo cuya gravedad específica sea tal que la union de los dos forme un compuesto mas pesado que el agua.

Un ejemplo material ilustrará el modo de apreciar las gravedades específicas.

Supongamos, que un pedazo de cobre pesado en el aire, pesa 36 granos, y no pesa sino 32 cuando está metido en el agua; la diferencia que se halla en el peso de este pedazo de cobre pesado en el aire, y despues en el agua, es precisamente de 4 granos. Sentado esto, dividamos el peso que pesa en el aire: esto es, 36 granos por esta diferencia 4, y se tendrá 9 por cociente. Luego la gravedad específica del cobre comparada con la del agua, estará en la razon de 9 á 1.

En efecto se vé por este procedimiento que un volúmen de agua semejante al del cobre, no pesa sino 4 granos, mientras que el cobre pesa 36. Luego el cobre es 9 veces mas pesado que un volúmen igual de agua.

Por el ejemplo deducirémos solamente el modo de determinar la gravedad específica de un sólido; por el siguiente valuarémos la de un sólido comparada con la de un líquido ó fluido.

Sea un pedazo de álamo negro que es específicamente menos grave que el agua, y del que nos proponemos determinar la gravedad específica.

Si el pedazo de álamo pesa 15 granos en el aire, y para formar un compuesto de mayor gravedad específica se le añade un pedazo de cobre de peso de 18 granos en el aire, y de 16 en el agua, el compuesto pesará 33 granos en el aire. Supóngase que el todo no pesa mas que 6 granos en el agua, si restamos 16, esto es, el peso del cobre en el agua, de 18 peso del mismo en el aire, se tendrá dos por primer residuo, esto es, por el peso del volúmen de agua igual al pedazo de cobre; de la misma manera restando 6, peso del compuesto en agua, de 33 peso del mismo en el aire, el segundo residuo 27 será el peso del volúmen de agua igual al compuesto: restemos pues el primer residuo 2 del segundo 27, á saber el peso del volú-

men de agua igual al pedazo de cobre, del peso del volumen de agua igual al compuesto, y la diferencia 25 será al peso del volumen igual al pedazo de madera; cuyo peso absoluto era de 15 granos en el aire: de que se sigue que la gravedad específica del agua es á la del pedazo de madera, como 25 es á 15, ó como 1. 0, 6; y como se toma por unidad la gravedad específica del agua, 0, 6, espresa la gravedad específica de la madera mas ligera que el agua.

Por medio de estos procedimientos, varios físicos han arreglado tablas de las gravedades específicas de diferentes cuerpos.

Tambien se puede conocer la densidad de los líquidos con relacion al agua por medio de los areómetros.

Acabamos de ver que un cuerpo flotante desaloja un volumen de líquido, cuyo peso es siempre precisamente igual al suyo, por consiguiente que se sumerge tanto menos cuanto el cuerpo es mas ligero ó menos denso. Hemos visto tambien que un cuerpo no puede nadar ó flotar de una manera estable, sino cuando su centro de gravedad está colocado por bajo del de el líquido que desaloja: sobre estos principios está fundada la construccion de los areómetros.

El areómetro ó pesalicores es un instrumento por cuyo medio se conoce la diferencia del peso específico de los líquidos.

La palabra areómetro se deriba de dos voces griegas y está compuesta de areo que significa sutil, ligero, y metro medida; como si dijéramos medida de ligereza, porque el areómetro hace conocer cuanto es mas ligero, ó pesado un líquido que otro.

Se han inventado areómetros de diferentes construcciones; pero el mas sencillo de todos, y que se usa con mas frecuencia, consiste en una esferilla de cristal delgado, hecha al soplete, y de la que el cuello que es largo, y de un diámetro pequeño, está dividido en toda su longitud en partes iguales.

A fin de que este instrumento pueda mantenerse enmedio de los líquidos en una situacion vertical se hace de modo, que el centro de gravedad se halle hácia la parte inferior; para lo cual se adapta debajo de la bola otra esfe-

rilla hecha al soplete, en la cual se pone mercurio.

Por estos instrumentos tan sencillos, es fácil conocer la diferencia del peso específico de dos líquidos que se comparan, observando el número de grados que se sumerge el areómetro en un líquido mas que en otro.

Los areómetros se diferencian por su construcción, y toma el nombre del inventor; así se dice areómetro de Fahrenheit, de Baumé, de Hypacé, de Mussembrock, de Lanthence, Le Ratz, Homber, &c; cuyas descripciones podrán verse en las obras que tratan de esta materia.

De lo espuesto se siguen ciertas leyes, á que constantemente obedecen los cuerpos, en sus gravedades específicas.

Leyes de las gravedades específicas.

ARTÍCULO DIEZ Y OCHO. 1ª Ley. Que cuando dos cuerpos son iguales en volúmen sus pesos específicos son el uno al otro como sus masas.

2ª Ley. Cuando dos cuerpos pierden pesos iguales en una misma agua, sus volúmenes son seguramente iguales.

3ª Ley. Los pesos específicos de los cuerpos que tienen un mismo peso, están en razón recíproca de sus volúmenes.

4ª Ley. Los pesos específicos de los cuerpos están en razón compuesta de la razón directa de sus masas, y de la razón recíproca de sus volúmenes.

5ª Ley. Un mismo cuerpo perderá una porción mayor de su peso en un fluido específicamente mas pesado, que en otro mas ligero.

6ª Ley. Los pesos específicos de cuerpos igualmente pesados son recíprocamente como las cantidades de sus pesos que pierden en un mismo fluido.

7ª Ley. Si un cuerpo tiene el mismo peso específico que un fluido, y se le sumerge en el, quedará inmóvil á cualquier profundidad del fluido que se le coloque.

8ª Ley. Si un cuerpo específicamente menos pesado que un fluido, está enteramente sumergido en él, y se le suelta, subirá con una fuerza igual al exceso del peso de un

volúmen de este fluido igual al suyo, sobre el peso de este cuerpo.

9^a Ley. El peso específico de un sólido es al peso específico de un fluido mas pesado, y sobre el cual nade este sólido, como el volúmen de la parte sumergida, es al volúmen del cuerpo entero.

10^a Ley. Dados el peso y el volúmen de un cuerpo, y tambien el peso de un fluido, específicamente mas pesado que este cuerpo, hallar la fuerza necesaria para tener este cuerpo enteramente sumergido en el fluido.

11^a Ley. Dados el peso de un cuerpo que debe estar construido de una materia específicamente mas pesada que un fluido, y al peso de este fluido específicamente mas ligero, determinar la cabidad que deberá tener el cuerpo para nadar sobre el fluido.

Las ventajas consecuentes al conocimiento de las gravedades específicas son evidentes. Este ofrece al naturalista caracteres distintivos para clasificar los cuerpos que constituyen el objeto de sus indagaciones. Con este conocimiento apreciamos las diferencias entre dos cuerpos de un mismo nombre; juzgamos de la bondad de las materias de que la química y la medicina hacen un uso continuado. Sirve para garantizarse de las artimañas de charlatanes, porque ofrece un medio infalible de conocer las ligeras variaciones que distinguen las piedras finas de las que no lo son. Puede en fin con el auxilio de las gravedades específicas descubrir la proporcion en que se hallan muchas sustancias en una liga.

LECCION VIGÉSIMA SÉPATMI.

HISTORIA DE LOS TUBOS CAPILARES: SUS FENÓMENOS: VARIAS HIPÓTESIS SOBRE LAS CAUSAS DE ELLOS, Y SUS LEYES.

Historia de los tubos capilares y sus fenómenos.

ARTICULO DIEZ Y NUEVE. Hemos demostrado ya que los licores homogéneos ó de la misma densidad, subian á la mis-

ma altura en las vasijas que se comunican. Hemos hecho observar despues de las aplicaciones oportunas de esta ley general de la naturaleza. Trataremos de las escepciones de esta ley advirtiendo, que estas escepciones dependen de algunas circunstancias que no pueden influir sobre la certeza de esta ley, ni varian en manera alguna las aplicaciones que se pueden hacer de ellas. Con efecto estas escepciones no se hacen notables, sino cuando los tubos de que se usa, y que comunican con la vasija ó depósito principal, son capilares.

Por tubo capilar se entiende unos tubos cuyo diametro es algunas veces tan pequeño que apenas cabe por el un cabello.

Cuando un tubo de esta especie comunica con un depósito dado, ó con un tubo de mas de cuatro lineas de diametro, se advierte que el licor comprendido en las dos vasijas sube sobre el nivel en aquel cuyo diametro es menor.

Incertidumbre del descubrimiento de este fenómeno.

ARTICULO VEINTE. No es fácil saber á quien somos deudores del descubrimiento de los fenómenos de que aqui se trata. Boyle fué el primero que lo divulgó en Inglaterra, y atribuia la gloria á los fisicos de Francia, pero el padre Fabry reclama este honor para los fisicos de Florencia, sin determinar el nombre del Autor. Al parecer ignoraban ambos que este descubrimiento se debió á Nicolas Aggiunti, uno de los primeros fisicos fundadores de la Academia del Cimento.

Cualquiera que sea el paraje donde tomó origen este descubrimiento debe considerarse como mui importante atendiendo á la multitud de fenómenos, que presentan; así que si los licores que son en corta cantidad, no se ponen á nivel, si adhieren á las orillas de ciertos cuerpos, y huyen de otros; si sus superficies, en lugar de ser planas, aparentan en ciertos casos figuras particulares; si suben hasta los extremos de una esponja, de una mecha, de un pedazo de trapo, de una tierra seca y arcillosa, y aun de las montañas y de las plantas, es en virtud del mismo principio.

En virtud de unos tubos semejantes se ejecutan las secreciones que se hacen en las glándulas de los animales: y aun á este mecanismo es al que se debe referir el paso de la sangre en las arterias capilares.

No siendo menos cierto que el principio que determina los licores á subir sobre el nivel en los tubos capilares, hace un gran papel en la naturaleza, y merece sobre este particular toda la atencion de los Físicos.

Pero tambien hay muy pocos, despues del origen de este descubrimiento que no se hayan empleado en él seriamente.

Juzgaremos facilmente de ello por la multitud de hipótesis á que ha dado lugar este fenómeno sucesivamente, pero que no podemos entender como conviene, sino despues de haber examinado los fenómenos principales; que ofrece esta materia á nuestras investigaciones.

Fenómenos principales de los tubos capilares.

ARTICULO VEINTE Y UNO. El agua y cualquier otro licor, á escepcion del mercurio, del cual hablaremos en particular, suben constantemente sobre el nivel en todo espacio capilar.

Decimos en todo espacio capilar, porque no es necesario emplear solamente tubos para esta especie de experimentos. Se verifica igualmente cuando se mete en el agua, una mecha de cotton, una tira de trapo, &c.

Fenómenos particulares.

ARTICULO VEINTE Y DOS. Repitiendo los experimentos con cuidado se observa que el licor no sube uniformemente, sino que aparenta una especie de curva que el D. Taylor observó el primero era hipérbolica. Mussenbroek lo atribuía á algunos cuerpos estraños introducidos con el aire en el interior de sus tubos, que los obstruían; pero parece que dependen con mas particularidad de las partes crasas que fluctuan en el aire, y se pegan con el tiempo á la superficie interior de estos tubos.

Una mecha de cotton, una tira de lienzo &c. sumerjidas en un vaso lleno de agua, ó de cualquiera otra especie de licor, producen fenómenos de la misma clase.

Los licores suben en ellos progresivamente á alturas mayores y menores sobre el nivel. Luego se pueden emplear favorablemente cuerpos de esta especie, para hacer el oficio de sifones, y por consiguiente para traspasar licores

Para esto es suficiente hacer sumerjir uno de los dos extremos en el líquido que se quiere traspasar, y dejar colgar el extremo opuesto en un vaso situado debajo del primero, el licor sube insensiblemente en el filtro, y viene á descargarse gota á gota, en el vaso inferior.

Si se sacan estos tubos del licor en que están sumerjidos, y se separan sin agitarlos, el licor que estará contenido en ellos obedeciendo á la accion de la gravedad que lo domina, se precipitará de arriba abajo, y se saldrá de los tubos; pero quedará en estos una cantidad igual á la que habria subido en cada uno sobre el nivel, y esta porcion de licor se mantendrá suspensa á la parte inferior de cada tubo.

Si examinamos con atencion la altura á que sube un mismo licor en tubos capilares diferentes, veremos que esta altura sobre el nivel sigue esactamente la razon inversa ó recíproca del diámetro de estos tubos; de suerte que si sube seis lineas, por ejemplo sobre el nivel en un tubo cuyo diámetro fuese de una línea, subiria doce líneas, ó una pulgada en un tubo cuyo diámetro no fuese sino de media línea.

Aunque todos los líquidos conocidos suben sobre el nivel en los espacios capilares, no sucede así con el mercurio.

Este fluido se mantiene allí constantemente debajo del nivel, y tanto mas bajo quanto mas capilar es el espacio en que sube, siguiendo siempre la razon inversa ó recíproca de la capilaridad de los tubos.

Tales son los fenómenos principales de los tubos capilares, fenómenos que importaba conocer antes de en-

trar en la esposicion de las diferentes hipótesis de que vamos á hacer mencion.

Diferentes hipótesis para explicar las causas de los fenómenos de los tubos capilares.

ARTICULO VEINTE Y TRES. A tres pueden reducirse las principales y fundamentales hipótesis inventadas hasta el dia, para dar razon de los fenómenos de los tubos capilares.

La primera clase comprende aquellas en las cuales se atribuye este efecto á la desigual presion de un fluido, la cual, obrando mas eficazmente sobre la masa líquida en que se mete un tubo capilar, que sobre la columna pequeña de licor que sube en el interior de este tubo, hace que las columnas exteriores ambientes resulten preponderantes, y por consiguiente suban la columna interior sobre el nivel de las que rodean el tubo.

Se colocan en la 2.^a clase las hipótesis de aquellos que admiten una cierta adherencia entre la columna del líquido que sube en un tubo capilar y los costados de este. Entonces oprimiendo menos esta columna á la parte del fondo que la corresponde, que á las otras partes del mismo fondo, no están comprimidas por las columnas exteriores, estas últimas resultan preponderantes, y empujan á la que está encerrada en el tubo sobre el nivel.

La clase tercera comprende las hipótesis de los Atraccionarios; de aquellos que hacen depender estos fenómenos de la superioridad de la fuerza atractiva de los tubos, sobre la que ejercen las moléculas de los líquidos unos contra otras.

El P. Fabry, y otros varios fisicos son partidarios de la primera clase; pero por ingenioso y natural que pareciese su sistema, estaba fundado sobre una hipótesis gratuita; resultando que no se pueden atribuir los fenómenos de los tubos capilares; á la presion desigual del aire.

Las hipótesis comprendidas en la segunda clase; esto es, aquellas en las cuales se quieren explicar los mismos fenómenos por la adherencia que contraen los licores con los costados de los tubos, no parecen mejor fundadas y son igualmente contrarias á la esperiencia.

Hauxbée fué el primero que puso la atraccion en juego para esplicar los fenómenos capilares; y he aquí en pocas palabras los principios sobre que estableció sus hipótesis.

Todas las moléculas de los cuerpos ejercen, dice, una fuerza atractiva unas contra otras: esta fuerza, siendo además todas las cosas iguales, es proporcional á la densidad de los cuerpos. El vidrio, por ejemplo, atrae con mas fuerza las moléculas del agua ó de cualquier otro líquido, escepto el mercurio y los metales fundidos, que las moléculas de estos líquidos no se atraen entre sí.

Hasta aquí las diferentes opiniones de los antiguos acerca de las causas de la capilaridad; mas los modernos como La Place, y Biot, la fundan en las atracciones moleculares á pequeñas distancias.

La ascension del agua en la madera, en el azucar y en la arena: la del aceite en las torcidas, y en general la de los líquidos en los cuerpos porosos, la vejetacion de las sales, es decir, las cristalizaciones que superan la superficie de los líquidos, la forma esférica de las gotas de fluido suspendidas, la fuerza que empuja las unas hácia las otras ó que aleja á veces los cuerpos que fluctúan á la superficie del agua ó están suspendidos en su seno y otros muchos hechos son fenómenos capilares que tienen la misma causa y se esplican por la misma teoria.

Tales son los fenómenos de los tubos capilares, que han dado origen á que sea uno de los puntos mas interesantes de la fisica, sea porque sirve para la esplicacion de un grande número de otros fenómenos, sea porque parece oponerse á una de las principales leyes del equilibrio de los fluidos, como hemos manifestado.

De lo espuesto debemos deducir que se ignora la causa de los fenómenos capilares ó que es la atraccion de las moléculas á pequeñas distancias.

Que las moléculas del agua se atraen mutuamente. El agua es atraída por el vidrio. La atraccion del vidrio con el agua es mayor que la del agua consigo misma.

Falta esplicar el fenómeno del descenso del mercurio debajo del nivel cuando se sumerge en él un tubo capilar.

Las moléculas del mercurio se atraen mutuamente; de

esto depende la figura esférica que toman las gotas de mercurio abandonadas á sí mismas; de esto depende tambien la union que contraen dos ó mas moléculas de este fluido desde el momento que estén en contacto.

El vidrio tiene atraccion con el mercurio.

El vidrio tiene menos atraccion con el mercurio que el mercurio por sí mismo.

Todos los fenómenos se deben sin disputa á la capilaridad; que es la escepcion de las leyes de la hidrostática, que hemos establecido en sus respectivas lecciones.

CAPÍTULO SÉPTIMO.

LECCION VIGÉSIMA OCTAVA.

DE LAS TEORÍAS SOBRE LA NATURALEZA Y CAUSAS DE LA FLUIDÉZ, LIQUIDÉZ, Y DUREZA DE LOS CUERPOS.

Causas de estos fenómenos.

ARTÍCULO ÚNICO. Hemos dicho hablando en general de las propiedades de los cuerpos, lo que se debia entender por fluidéz; esto es, la propiedad por la que las partes de un cuerpo son movibles entre sí, y se mueven independientemente unas de otras.

Por liquidéz: la propiedad por la que está interrumpida la cohesion entre las moléculas de un cuerpo, ó á lo menos se ha disminuido bastante, para que estas moléculas puedan moverse independientemente unas de otras con bastante libertad, para que todas las de la superficie superior se coloquen en un plano paralelo al horizonte.

Mientras que la dureza la definimos por la cohesion que tienen entre sí las moléculas insensibles de un cuerpo capaz de resistir, hasta cierto punto, á una potencia que tendiese á separarlas.

Muchas han sido las opiniones sobre las causas de la fluidéz, liquidéz, y dureza de los cuerpos; así que los antiguos físicos fundaron la de la fluidéz, unos en un movimiento intestino, irregular y continuo de las partículas, y

que este constituye principalmente la fluidéz: otros pretenden que el fuego es el principio del primer movimiento, y la causa de la fluidéz de los demas cuerpos, del aire, por ejemplo, del agua &c.; y que toda la atmósfera se convertiría en un cuerpo sólido privándola del fuego.

Mas los fisicos modernos fundan como la principal causa de la fluidéz de los cuerpos, la accion de la materia del calor; por esta accion se dividen las partes de los cuerpos, se separan unas de otras, pierden su adherencia, y al fin reciben aquella movilidad respectiva en que consiste su fluidéz.

Disminuyéndose su accion ó asentándose, se reunen las partes, adhieren unas á otras, se enlazan, y al fin vuelven á tomar la consistencia que ella misma les habia hecho perder. Aun puede decirse, que la materia del calor es la única sustancia fluida por sí misma, y que sin ella no contrapesando la tendencia general que tienen las partes de la materia unas hácia otras, se hallarian todas unidas juntamente de modo, que no formarían mas que un sólido.

En cuanto á la liquidéz la mayor parte de los Newtonianos pretenden que la atraccion recíproca de las partículas de la materia es muy grande, cuando se tocan; pero que se convierte en fuerza repulsiva, cuando se hallan á la menor distancia unas de otras, en cuya consecuencia dicen que un cuerpo es fluido, cuando la fuerza repulsiva de las partículas de que se compone, escede á su fuerza atractiva; y que este cuerpo se vuelve sólido, cuando la fuerza atractiva de sus moléculas sobrepuja á su fuerza repulsiva, conviniendo todos en que las causas de la liquidéz y fluidéz son las mismas.

La verdadera causa de la liquidéz de los cuerpos es la accion de la materia del fuego, llamada calórico; que cuando se insinua entre las moléculas de estos cuerpos con mayor fuerza que la cohesion que ellas tienen entre sí, rompe esta cohesion y hace á aquellas móviles independiente-mente unas de otras. De este modo se liquida el hielo cuando se le calienta: la manteca, el plomo, el cobre, el oro, la plata, &c., entran en fusion por la accion del fuego que se les hace experimentar.

Si despues se evapora esta materia del fuego, como sucede por el enfriamiento, todos estos cuerpos vuelven á tomar su primer estado: el agua se vuelve hielo; los metales adquieren su primera solidéz.

La dureza no solo pertenece á las partes sensibles, sino tambien á las moléculas insensibles; y esta dureza que hablando con propiedad, solo es una tenacidad mayor ó menor de las partes, y que jamas es perfecta en los cuerpos que conocemos, pues siempre cede á una fuerza finita; esta dureza disminuye hasta llegar á la fluidez, esto es, hasta que la cohesion mutua de las partes apenas basta á impedir que obedezcan con libertad á su propio peso, cuando las llama á moverse independientemente unas de otras, y á mudar la figura del todo que componen, de suerte que hai cuerpos que poseen la dureza en un grado mayor que otros: la division de unos exige una fuerza grandísima; y para la de otros basta mui poca.

Pero ¿cual es la causa de esta dureza de los cuerpos? No es tan fácil como parece á primera vista, resolver esta cuestion.

Los Newtonianos pretenden explicar la dureza de los cuerpos por la atraccion de la cohesion, esto es, por una atraccion que, dicen, obra en razon inversa de los cubos de las distancias.

Lo espuesto debe convencernos de que estos dos estados opuestos, quiero decir, la solidéz, y la liquidez dependen de la misma causa.

Los Peripatéticos miran á la dureza como una cualidad secundaria, y pretenden que se debe á la sequedad que es una cualidad primaria

Las causas remotas de la dureza segun los mismos filósofos, son el frio ó el calor, atendida la diversidad del sujeto: así dicen que el calor produce la sequedad, y por consiguiente la dureza en el barro, haciendo el frio igual efecto en la cera.

Los Epicúreos y los Corpusculares esplican la dureza de los cuerpos por la figura de las partes que los componen, y por el modo con que se ha hecho su union.

Los Cartesianos pretenden que la dureza de los cuer-

pos solo es efecto del reposo de sus partes; pero no teniendo fuerza el reposo, ¿se comprende como estas partes que están simplemente en reposo unas cerca de otras, pueden ser tan difíciles de separar?

Hasta aquí las teorías de los antiguos físicos; mas los modernos se esplican de otro modo.

El objeto que nos ocupa nos precisa á dar anticipadamente una idea de la causa que produce el estado líquido, sólido y acríforme de los cuerpos, no porque tratemos todavía de estos estados particulares, sino porque esta causa tiene un fin de aplicaciones y explica un número considerable de fenómenos.

Supongamos á las moléculas de los cuerpos de tal modo unidas que la fuerza de atraccion quede victoriosa, resultará un estado de agregacion que necesitará para ser destruido el emplear una cierta fuerza ó potencia; el cuerpo será sólido: ademas si estas moléculas han podido reunirse poco á poco y conservando la libertad de poderse mover, se dispondrán de modo que vendrán á unirse por los costados que tienen entre si mayor afinidad, resultará por consiguiente una colocacion general y regular; el cuerpo estará cristalizado.

Ahora bien, si disminuimos la fuerza de atraccion de modo que sea precisamente igual á la del principio repulsivo, resultará un estado particular en el que las moléculas tendrán todavia cierta tendencia las unas hácia las otras; pero no podrán manifestar la que depende de su propia figura: en este estado la posicion de las moléculas será indiferente respecto de la accion de su afinidad, gozarán pues de una movilidad completa: el cuerpo será líquido.

2. Se concibe inmediatamente que un tal estado de equilibrio perfecto entre dos fuerzas espuestas frecuentemente á mil variaciones, debe encontrarse muy raras veces: así la naturaleza nos presenta un pequeño número de cuerpos líquidos, así un líquido, luego que se ha formado, manifiesta cierta tendencia á evaporarse, á pasar al estado aeriforme.

Veremos mas adelante como un cuerpo pasa de uno de estos estados al otro, y que el calor ó el frio se desen-

rollan con tanta fuerza en esta mudanza ó pasaje, como si se comprimiese un gas en el eslabon neumático, como también otros muchos fenómenos que vendrán á confirmar los principios que acabamos de establecer, y á probar al mismo tiempo que este principio repulsivo no es otro sino el producido por el calor.

De todo lo espuesto debemos deducir que las causas de la fluidez, liquidez, y dureza de todos los cuerpos es el principio imponderable conocido con el nombre de calórico.

CAPÍTULO OCTAVO.

LECCION VIGÉSIMA NOVENA.

HIDRAULICA. GENERALIDADES DE ESTA SEGUNDA PARTE DE LA HIDRODINAMICA. SALIDA DE LOS FLUIDOS Ó LÍQUIDOS POR ORIFICIOS PEQUEÑOS : COMO POR UN ORIFICIO HECHO EN LA PARED DELGADA, Y OTROS FENÓMENOS.

Hidráulica.

ARTICULO PRIMERO. Se entiende por hidráulica la ciencia que tiene por objeto el movimiento de los líquidos.

Por medio de los principios en que se funda que son los de la Hidrostática, se hallan los varios modos de conducir las aguas de un lugar á otro por canales, acueductos, bombas, y otras máquinas hidráulicas; y de elevarlas, ya para que salten, ya para otros usos.

La hidráulica trata no solo de la conduccion y elevacion de las aguas y de las máquinas propias á este fin, sino de las leyes generales del movimiento de los cuerpos fluidos.

Movimientos que se verifican en la masa líquida durante su salida fuera de un vaso.

ARTICULO SEGUNDO. Hemos visto ya que para permanecer los líquidos en reposo por la accion de la gravedad, necesitan ser sostenidos por todos los puntos situados debajo de la

superficie horizontal que toman naturalmente en una cavidad cualquiera: que la mas mínima abertura permite sucesivamente el derrame de todo el líquido que se halle encima de ella, y entonces se produce en la masa movimientos diversos, que es fácil conocer, valiéndose de un vaso de vidrio y haciendo flotar en el líquido algunos cuerpos sutiles ó polvos, cuyo peso específico esceda poco del suyo.

Cuando sale el agua de un vaso en cuyo fondo se ha hecho un agujero que sea pequeño, en comparacion de la anchura del vaso descende el agua verticalmente, y la superficie parece plana, pero á 3 ó 4 pulgadas del fondo se apartan de esta direccion las partículas de agua, y salen de todos los lados, con movimientos mas ó menos oblicuos dirigiéndose hácia el orificio, sucediendo lo mismo cuando el agua sale por una abertura lateral.

La tendencia de estas partículas hácia el orificio es una consecuencia necesaria de su perfecta movilidad; por la razon de que deben dirigirse hácia el punto que resiste menos á las fuerzas que las oprimen; y de ser este punto de menos resistencia el sitio donde se halla el orificio.

Lo mismo sucede cuando el licor sale por una abertura lateral; en este caso no solo se nota que vienen partículas del líquido situado encima del orificio, sino tambien las partículas inferiores vienen al orificio por direcciones oblicuas.

A una corta distancia del fondo comienza á formarse una especie de embudo, cuya punta corresponde al centro del orificio.

Mas cuando el agua sale por una abertura lateral, no se forma mas que una especie de medio embudo, que no parece comenzar á formarse hasta que la superficie del agua está próxima á tocar el borde superior del agujero.

La verdadera causa de la formacion del embudo, es la desigualdad de la presion del aire por la parte superior é inferior del orificio, á causa de que al caer el agua por este orificio, rechaza al aire, y destruye una parte de su reaccion.

Parece que esta concavidad ó embudo comienza á formarse á una altura tanto mas grande, encima del fondo del

vaso, cuando este fondo tiene mayor anchura; y que la formación de esta concavidad es menos pronta ó menos sensible á medida que el orificio aumenta, con respecto á la estension del fondo. La aspereza mas ó menos grande de este, y de las paredes del vaso, contribuye tambien para aumentar mas ó menos esta concavidad.

La velocidad del agua, á la salida de un vaso por un agujero pequeño hecho en su fondo, es igual á la que adquiriría un cuerpo grave cayendo de la altura vertical de la superficie del fluido encima del orificio, y esta velocidad es igual al duplo de esta altura.

Lo mismo se verifica por un orificio lateral; por la razon de ser igual la presion del fluido, siendo una misma la profundidad en toda suerte de direcciones; en cuya consecuencia debe producir la misma velocidad.

Al salir del orificio el líquido, tiene una velocidad capaz de hacerle subir á una altura vertical igual á la de la superficie del fluido encima del orificio: del mismo modo que un cuerpo, al caer por su pesantéz de una cierta altura, adquiere una velocidad capaz de hacerle subir á esta altura.

Siendo una misma esta altura será siempre una misma la velocidad del fluido, al salir del orificio, cualquiera que sea la especie de este fluido, y cualquiera que sea su densidad; pues que tiene constantemente por valor la velocidad debida á esta altura. Es verdad que cuando el líquido tiene mas densidad, oprime con mayor fuerza; pero tambien la masa desalojada es mas considerable.

En general es evidente que cuando las fuerzas motrices son proporcionales á las masas á quien ponen en movimiento, las velocidades son iguales.

Las cantidades de líquido que salen en un mismo tiempo por orificios diferentes, cada uno bajo alturas ó cargas constantes (suponiendo por consecuencia que los vasos se mantengan igualmente llenos por todo el tiempo que dure la salida del líquido), son entre sí como los productos de las areas de los orificios por las raices cuadradas de las alturas.

Por ejemplo, la esperiencia manifiesta que un orificio

circular de una pulgada de diámetro hecho en una pared delgada, bajo 4 pies de carga dá en un minuto de tiempo 5.436 pulgadas cúbicas de agua.

Es preciso tener presente que un orificio de un diámetro duplo es 4 veces tan grande como un orificio de un diámetro simple; por la razon de que las areas de los círculos son como los cuadrados de los diámetros.

En la práctica sale frecuentemente el agua por aberturas laterales; las cuales aunque pequeñas en comparacion de las anchuras de los depósitos no pueden sin embargo ser consideradas como si tuviesen todos sus puntos á iguales distancias de la superficie del fluido; tales son por ejemplo las aberturas ó agujeros que hay en los molinos.

Fenómenos que se manifiestan fuera del vaso en la vena líquida.

ARTICULO TERCERO. Lo mas importante fuera del vaso es la contraccion de la vena líquida.

Se llama vena líquida ó fluida el chorro que sale por el orificio.

Para observarla es preciso que el orificio esté hecho en pared delgada, es decir, en una placa de metal muy delgada y que esté bien contorneado, ó muy limpio.

En este caso se ve que la vena líquida no llena el orificio y que va disminuyendo mas y mas hasta la distancia del semi-diámetro de esta abertura; en este punto el diámetro de la vena líquida está siempre, sobre poco mas ó menos, con el del orificio en la razon de 5: 8, cualquiera que sea la altura del líquido en el vaso.

Esta contraccion se nota igualmente cuando el líquido sale por una abertura lateral, y aun cuando salga en columna vertical como en los surtidores.

Se halla la causa de este fenómeno en los movimientos que se verifican en el interior de la masa líquida, donde las particulas describen curvas que converjen entre si presentándose su convecidad, y que no pueden reducirse á líneas paralelas sino á cierta distancia del orificio.

El diámetro de la vena líquida disminuye, se va de

alto á bajo, pasado el punto en que se concluye la contraccion ocasionada por los movimientos interiores; pero este hecho que todo el mundo ha observado sin duda al vaciar un vaso de agua, es enteramente debida á la aceleracion de velocidad que toma el liquido al bajar; pues es preciso entonces que las partículas se separen y la columna se adelgace.

En los surtidores verticales en que el liquido se mueve de abajo arriba, siendo continuamente retardada la velocidad, se ensancha la vena liquida sucesivamente á medida que se eleva.

Muchas veces toma la vena liquida la forma de una columna en espiral.

Lo que se verifica siempre que el orificio por donde sale el liquido no tiene sus orillas bien limpias, y tambien cuando el liquido está agitado interiormente por movimientos diferentes de los que produce la salida.

Si la masa liquida está interiormente dotada de un movimiento de rotacion, se forma fuera, en virtud de la fuerza centrifuga adquirida, un embudo opuesto al que se manifiesta dentro.

Por ultimo, la resistencia del aire divide la columna liquida, y la hace tomar la forma de un manojo compuesto de gotas blancas y brillantes.

Velocidad del liquido en el orificio.

ARTICULO CUARTO. Cuando un liquido sale del vaso por una abertura hecha en el fondo ó en la pared lateral, su superficie permanece siempre horizontal hasta que el liquido llega cerca del orificio.

Por lo que se demuestra que al salir por el orificio colocado en el fondo del vaso, la velocidad del liquido es precisamente la que tendria un cuerpo grave al caer de la altura del nivel sobre el orificio siempre que el diámetro de éste fuese mui pequeño respecto del diámetro del vaso: de donde se sigue que en dos vasos cuyos niveles son diferentes, las velocidades en el orificio son como las raices cuadradas de las alturas del liquido sobre dicho orificio. Si el nivel del liquido es constante, la velo-

cidad en el orificio lo será tambien ; si el nivel varia mas ó menos, la velocidad variará del mismo modo; y siempre será fácil valuarla en un instante cualquiera conociendo la altura del líquido en el depósito.

Pudiéndose hacer aplicable cuanto se ha demostrado para un orificio colocado en el fondo de un vaso, á un orificio lateral.

De todo lo espuesto deduciremos.

1.º Que los gastos de agua hechos en tiempos iguales por diferentes orificios bajo una misma altura de agua en el depósito, son entre sí, sobre corta diferencia como las areas de estos orificios.

2.º Que los gastos de agua hechos en tiempos iguales por una misma abertura, bajo diferentes alturas de depósitos, son entre sí, poco mas ó menos, como las raices cuadradas de las alturas correspondientes del agua en el depósito por cima de los centros de las mismas aberturas.

3.º Que en general las cantidades de agua gastadas, durante un mismo tiempo, por diferentes aberturas, y bajo diferentes alturas de depósitos, están entre sí en razon compuesta de las areas de las aberturas, y de las raices cuadradas de las alturas de los depósitos.

4.º Pero que el rozamiento es causa de que entre muchos orificios de figuras semejantes, los pequeños hagan menos gasto á proporcion de los grandes, bajo una misma altura de agua en el depósito.

5.º Que entre muchos orificios de areas iguales, aquel cuyo perimetro es el menor, debe, á causa del rozamiento, hacer mas gasto de agua que los otros, bajo una misma altura de depósito.

Se llama pulgada de agua, la cantidad que sale por un orificio circular y lateral de una pulgada de diámetro, manteniendo constantemente la superficie del agua á 7 líneas por cima del centro de este orificio.

*Salida de un líquido por un orificio hecho en pared delgada.
Relacion de los gastos entre sí.*

ARTICULO QUINTO. Siguiendo la teoría que acabamos de:

indicar, buscaremos las relaciones que siguen entre sí los gastos (ó cantidades de líquido salidas) en vasos diferentes, en los cuales sean las que se quieran las alturas y orificios.

Desde luego es evidente que en el mismo tiempo, y por aberturas iguales los gastos siguen la relacion de las velocidades, y por consiguiente la de las raices cuadradas de las alturas de los líquidos; de suerte que si en un vaso el nivel constante se halla á 4 varas sobre el orificio, y en otro se halla á la altura de una, siendo las velocidades como 2: 1. el primer vaso dará en un tiempo fijo una cantidad de líquido doble de la que dá el segundo.

Quando, siendo las mismas las alturas, los orificios tienen diferentes diámetros, es evidente que los gastos deben ser entre sí como las areas de los orificios; de suerte que si en un vaso el diámetro del orificio es 2, y en otro es 1, el gasto del primero será doble del de el segundo, lo cual tambien confirma la experiencia.

Por último, si las areas de los orificios y las alturas del nivel son diferentes en ambos vasos, los gastos estarán entre sí en razon compuesta de las areas de los orificios, y de las alturas de los líquidos; resultado que tambien confirma plenamente la experiencia.

Cantidad de líquido suministrada en un tiempo dado.

ARTÍCULO SESTO. Las relaciones que acabamos de hallar nada nos indican sobre las cantidades de líquido suministradas en tiempos conocidos; y por lo mismo nos propondrémos ahora valuar estas cantidades por medio de una abertura cualquiera á una altura determinada del líquido.

Es evidente que este gasto sigue la relacion de la velocidad de la salida y la magnitud del orificio. La velocidad se valuará por la altura conocida del líquido.

Los experimentos mas exactos han probado que cualquiera que sea la altura del líquido, y la anchura del orificio por donde sale, el gasto efectivo es siempre sensiblemente los $\frac{5}{8}$ del que dá la teoría; debe tambien recordarse que esta es la relacion entre el diámetro de la vena contraída, y el del orificio.

Por medio de esta fórmula se calcula con suficiente exactitud el gasto que puede sufrir en un tiempo dado un depósito, en el cual el líquido se halle á una altura conocida y constante.

Sin embargo, es preciso suponer que el líquido no tiene en el depósito mas movimiento que el ocasionado por la salida, si, por ejemplo, tuviese un movimiento rápido de rotacion seria muy difícil valuar teóricamente el gasto.

LECCION XXX.

DE LOS FENÓMENOS, EFECTOS Y CAUSAS DE LAS SALIDAS Ó EVACUACIONES DE LOS FLUIDOS Ó LÍQUIDOS POR TUBOS Ó CAÑOS ADICIONALES.

Aumento de gasto por los caños.

ARTICULO SEPTIMO. La esperiencia manifiesta que adaptando un tubo al orificio de un vaso, el gasto puede hacerse mayor que por un orificio abierto en pared delgada; pero para que se verifique este efecto es preciso.

1º Que el líquido pueda contraer cierta adherencia con las paredes del tubo; así es que, respecto del agua, el efecto no se verifica sino untando ligeramente con grasa el interior del tubo, ó cuando su diámetro es demasiado grande respecto de su longitud.

2º Que la salida se verifique en un medio resistente; así es que el efecto no se verifica en el vacío.

Cumpliendo estas condiciones, el líquido sale llenando el tubo; ó como suele decirse á boca llena, y entonces el gasto se aumenta mas ó menos segun la forma, longitud y posicion del tubo.

Para esplicar estos efectos notarémos que la vena líquida al pasar del vaso al tubo se contrae, y no puede llenar el tubo á menos que no experimente una resistencia que retardando su velocidad, la permita ensancharse; esta resistencia es la del aire atmosférico que se ejerce en el tubo en sentido inverso al movimiento del líquido; pero esta resistencia no puede tener efecto sino mientras el aire no

pueda introducirse entre la pared del tubo y el líquido; y de consiguiente es necesario que para impedirlo haya cierta adherencia entre ambos.

Causas del aumento del gasto, aunque la velocidad disminuya.

ARTICULO OCTAVO. Si el tubo propuesto es cilíndrico, las partículas líquidas obligadas á seguir las paredes describen todas líneas rectas paralelas; este movimiento se comunica hasta el depósito en virtud de la continuidad de la columna, resultando que en el mismo depósito los movimientos son menos oblicuos al plano del orificio, de donde se sigue que la vena líquida está menos contraída que en el caso de un orificio hecho en pared delgada, y por lo mismo que el gasto debe ser mayor.

Cuando la abertura mayor de un caño cónico está hacia el depósito, se presenta un caso en que el gasto no ha aumentado, ni disminuido; este caso es cuando el caño tiene exactamente la forma de la vena contraída, es decir, cuando su longitud es la mitad de su diámetro mayor, y el orificio exterior es al interior como 5: 8.

Cantidad de aumento de gasto.

ARTICULO NOVENO. En el caso de un tubo cilíndrico de cosa de dos pulgadas de longitud horizontal ó vertical debajo del plano del orificio el gasto es al que se verificaria por el mismo orificio en pared delgada; y por medio de la cual se puede calcular el gasto conocida la area del orificio, y la altura del líquido en el depósito.

Cuando el caño está ensanchado hacia fuera, el gasto es mucho mayor, y aun puede pasar del doble de lo que seria por un orificio abierto en pared delgada.

Efectos de los caños largos.

ARTICULO DIEZ. Cuando los tubos adicionales son mucho mas largos que los que hemos considerado hasta ahora, es

preciso para valuar el gasto tener presente otras circunstancias que vamos á recorrer sucintamente.

Si se tiene un caño cilíndrico, vertical ó inclinado hacia abajo del centro del orificio, la velocidad de la columna líquida que contiene es acelerada por la acción de la pesantez. Cuanto mas largo sea el caño, mayor es el gasto hasta cierto punto, pasado el cual principia á disminuir, lo que debe atribuirse al rozamiento.

Se ha hallado por experiencia, que dando al caño cierta inclinacion mayor ó menor segun su diámetro, con tal que no sea muy considerable, la aceleracion sucesiva de la velocidad equilibra al retardo continuo que ocasiona el rozamiento; entonces en cualquier punto de su longitud hace siempre el mismo gasto el caño: por esta razon se dá siempre que es posible, cierta inclinacion á los caños de una fuente.

Cuando el caño cilíndrico es horizontal el líquido procura conservar el mismo grado de velocidad en toda la longitud, de suerte que en toda ella sería igual el gasto: pero el rozamiento obrando en un espacio considerable retarda notablemente la velocidad; hasta tal punto que puede llegar el caso de no dejar verificar la salida sino gota á gota.

Se ha reconocido que los tubos de un diámetro pequeño disminuyen mucho mas el gasto que los de diámetro grande: la razon de esto es fácil de concebir; el rozamiento no se hace sentir inmediatamente sino á las partículas que tocan á la pared; y su efecto para mitigar la velocidad disminuye necesariamente de la circunferencia al centro; de suerte que cuanto mayor es el diámetro, menos partículas centrales sufren el retardo.

Las asperezas que presentan los tubos de conduccion, son obstáculos que ocasionando choques reiterados, destruyen parte de la velocidad adquirida.

Se deduce de lo espuesto que siendo la misma la altura del agua en el depósito y el orificio de salida, el gasto por un orificio hecho en una pared delgada; y en el cual no haya contraccion de vena, el gasto por un cabo de caño aditicio, y el gasto por un orificio hecho en una pared delgada, y en el cual hay contraccion de vena, son entre

si, sobre corta diferencia, como los tres números 16, 13. y 10; cuyas razones son bastante exactas para la práctica.

Se vé por lo espuesto que las evacuaciones por tubos aditicios siguen entre sí las mismas leyes que las que siguen las evacuaciones que se hacen por orificios hechos en paredes delgadas.

Presion de los líquidos en movimiento sobre las paredes de los tubos.

ARTICULO ONCE. Cuando el líquido está en equilibrio, cualquiera que sea la posicion del tubo propuesto respecto del depósito, si su orificio exterior está tapado, siendo cero la velocidad del líquido, la presion en cada punto de su pared es igual al peso de la columna líquida que le corresponde verticalmente en el depósito.

Quando el líquido está en movimiento. El raciocinio y la esperiencia prueban que si en un tubo cualquiera la columna líquida en movimiento tiene toda la velocidad que debe resultar de la altura del nivel en el depósito; la pared de este tubo debe sufrir cero de presion, si la velocidad de la columna líquida es menor que la que acabamos de citar, la pared del tubo debe sufrir una presion mayor ó menor, ó segun el lenguaje matemático la presion debe ser positiva: últimamente, si la velocidad del líquido es mayor de la que debe resultar de la altura del nivel, la presion sobre la pared del tubo se hace negativa.

De los surtidores.

ARTICULO DOCE. Un cuerpo pesado que cae de cierta altura adquiere una velocidad capaz de hacerle correr en el mismo tiempo un espacio doble si la pesantéz cesase de repente en su accion. Continuando la pesantéz aumentará ó disminuirá la velocidad adquirida con toda la altura corrida; de suerte que si en el segundo instante el cuerpo se mueve de arriba á abajo correrá un espacio triple del que corrió en el primero, al contrario, si se mueve de abajo á arriba, no recorrerá sino un espacio igual al que corrió al bajar; y luego volverá á caer.

- Este es precisamente el caso en que se halla un surtidor de agua que se lanza en el aire y no puede comúnmente elevarse mas alto que el nivel del líquido en el depósito que le produce.

Pero existen en contra varios obstáculos que se oponen á que el chorro pueda llegar á la misma altura.

De los obstáculos que se oponen á la elevacion del chorro.

ARTICULO TRECE. El mayor de todos ellos es la resistencia del aire en medio del cual se lanza el chorro, resistencia que es tanto mayor cuanto mayor es la velocidad con que se lanza.

Otro obstáculo, en los surtidores verticales, procede de que las partículas líquidas que vuelven á caer chocan directamente con las que se elevan y retardan necesariamente su velocidad; así es que se observa que inclinando un poco el surtidor, se eleva á mayor altura que cuando es vertical, pero tambien pierde mucho de su hermosura, pues no presenta el penacho que constituye su principal mérito.

Tambien se disminuye la altura del chorro por el rozamiento que se verifica en los tubos de conduccion y en el orificio.

Depende igualmente de la forma del caño y de su diámetro relativamente al del chorro.

En cuanto á la forma del caño ha demostrado la experiencia que un orificio abierto en pared delgada, es lo mas conveniente para procurar al chorro mayor elevacion: deben desecharse los caños cilíndricos porque disminuyen la velocidad, y por consiguiente la altura del surtidor.

El tubo cónico tambien debe desecharse; aunque se usa mucho en la práctica; pero la experiencia prueba que el chorro se eleva mucho menos, á no ser que este cono tenga las dimensiones de la vena contraída, en cuyo caso es absolutamente inútil.

Los movimientos que pueden verificarse ó producirse arbitrariamente en el depósito ó en los tubos de conduccion, hacen variar la forma del surtidor: se emplean algunas veces estos medios y otros procedentes de la dispo-

sición, latitud y longitud de los caños para producir efectos agradables á la vista.

Del modo de elevar los surtidores á mayor altura que el nivel del depósito.

ARTICULO CATORCE. Para conseguir este efecto basta hacer llegar una corriente de aire al centro del tubo ; mezclándose el aire con el agua ; forma un todo específicamente mas ligero , y se eleva el chorro á mucho mayor altura que dá la teoría.

De las corrientes ó salidas por canales.

ARTICULO QUINCE. Un canal es un conducto abierto por su parte superior , ó á lo menos un conducto en que su parte superior está siempre á cierta distancia del líquido ; puede ser horizontal é inclinado.

Un canal no influye nada en el aumento ó disminución del gasto en el depósito.

Cuando un canal recibe de un depósito cualquiera en un tiempo dado cierta cantidad de agua , debe entregar precisamente la misma al otro extremo , cuando la corriente está bien establecida , sean los que quieran los retardos ó aceleraciones que la velocidad inicial pueda sufrir en su marcha.

Sabida esta diferencia entre los canales y los tubos de conduccion , se concebirá fácilmente porque cuando se trata de conducir las aguas de una montaña á otra de la que está separada por un valle , se prefiere construir , á pesar de su gran costo , un puente acueducto , en vez de emplear tubos de conduccion ; sin embargo , los tubos de conduccion se pueden emplear en distancias pequeñas.

De las variaciones de la velocidad en la longitud del canal.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. El líquido al recorrer la longitud del canal que le conduce , presenta en sus movimientos diversas circunstancias que vamos á examinar.

Supongamos un canal prismático rectangular cuyo fondo sea horizontal que comunique directamente con un depósito cuyo nivel es constante. Si el líquido no experimentase en su marcha ningún obstáculo, continuaría moviéndose uniformemente con la velocidad que tiene á la salida del depósito, y su superficie seria horizontal en todos los puntos; pero el rozamiento contra el fondo y las paredes del canal retarda continuamente la velocidad adquirida, resultando que las partes anteriores de la masa líquida detienen á las que les siguen; y el líquido se acumula en el canal; desde luego á alguna distancia del depósito principia el nivel á elevarse, y se eleva mas y mas hasta cierto punto, pasado el qual principia á bajar en virtud de la aceleracion que toma en el extremo por donde corre.

Si el fondo del canal es en un plano inclinado, la velocidad del líquido aumenta continuamente, de donde debe resultar una disminucion continua en la profundidad de la corriente, puesto que debe pasar siempre en el mismo tiempo la misma cantidad de líquido, cualquiera que sea la velocidad que pueda tener.

Si el canal teniendo su fondo horizontal por todas partes, se estrecha y ensancha alternativamente, se verá que en todos los puntos donde es mayor la anchura la velocidad de la corriente se disminuye proporcionalmente, y el nivel de la superficie se deprime algun tanto; al contrario, donde el canal se estrecha se vé que la velocidad aumenta, y el nivel se eleva algun tanto: ambos resultados son consecuencias de que debe pasar constantemente en el mismo tiempo la misma cantidad de líquido por todas las secciones del canal.

Variaciones de la velocidad en la profundidad del canal.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Si la velocidad de la corriente varia de un punto á otro de la longitud de un canal cuyo fondo sea horizontal ó inclinado, varia igualmente en los diferentes puntos de la profundidad; rara vez se halla la mayor velocidad en el fondo ni en la superficie de la corriente, en el fondo se disminuye la velocidad de la corrien-

te por el rozamiento que se produce contra el suelo del canal, y en la superficie se disminuye por la resistencia del aire, la cual influye mucho mas de lo que se podia pensar.

En un canal cuyo fondo es un plano continuo, y cuyo desagadero se halla al nivel de este plano, la masa líquida se mueve en toda su altura; pero si el desagadero está encima del fondo del canal toda la masa líquida inferior está en reposo; así es que en un lago ú en un estanque el agua está tranquila debajo del plano del desagadero.

Lo mismo sucede en las cavidades de alguna profundidad que puede haber en el fondo de un canal ó de un río en diferentes puntos de su curso.

Variaciones de la velocidad en lo ancho de un canal.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. Un canal puede estar encajonado, ya por paredes verticales, ó ya por paredes inclinadas; en ambos casos el rozamiento contra las paredes laterales debe disminuir necesariamente la velocidad de las partículas puestas en contacto, y por lo mismo el medio de la corriente debe tener mas velocidad que sus orillas: pero este efecto es mucho mas notable en las paredes inclinadas que en las verticales, porque presentan mayor superficie al rozamiento, y la masa de agua disminuye al mismo tiempo de profundidad: así es que en los ríos cuyas riberas son muy llanas, se vé que la velocidad en las orillas es casi nula.

Resulta de esto una circunstancia bastante notable, y es que el medio del río está sensiblemente encorbado, lo que puede observarse en todos los ríos caudalosos cuando sus orillas son muy llanas.

LECCION XXXI.

DE LA ACCION EROSIVA DE LAS AGUAS SOBRE EL FONDO Y ORILLA DE LOS CANALES Y RIOS: DEL CHOQUE Y RESISTENCIA DE LOS LIQUIDOS.

Erosion sobre el fondo.

ARTICULO DIEZ Y NUEVE. La accion erosiva de las aguas

sobre el fondo de un canal ó de un rio depende á la vez de la profundidad y velocidad de la corriente. Es evidente que siendo las profundidades iguales debe ser la erosion mayor donde la velocidad sea mayor; así es que bajo los arcos de un puente se nota que el lecho de un rio es siempre mas profundo que por los alrededores; y tambien es sabido que para limpiar un rio que está obstruido por las arenas ó limo se le estrecha por medio de diques ú otra cosa análoga para dar mayor velocidad á la corriente.

Equilibrio entre la accion erosiva y la resistencia del suelo.

ARTICULO VEINTE. Si un canal estuviese abierto en un terreno que por todas partes fuese infinitamente resistente, por grande que fuese la accion erosiva de las aguas no podria causar ninguna mudanza en la forma del lecho, pero sin embargo se percibe que puede haber equilibrio entre la resistencia del terreno, y la erosion del líquido, teniendo cierto grado la tenacidad del suelo, y cierta profundidad y velocidad constante el mismo líquido en su corriente, en este caso el lecho del canal no se altera de ningun modo.

Siendo por todas partes igual la profundidad de una corriente, la condicion de una velocidad constante ecsije que el fondo del canal tenga cierta inclinacion á fin de que la pérdida de velocidad causada por los rozamientos se compense con la aceleracion sucesiva motivada por la inclinacion.

Accion erosiva sobre las paredes laterales.

ARTICULO VEINTE Y UNO. Suponiendo que la resistencia del suelo sea la misma en todas partes se demuestra matemáticamente que la accion erosiva de las aguas sobre las paredes laterales de un canal ó de un rio, siendo todas las demas circunstancias iguales, está en su mínimo cuando estas paredes son rectilíneas y paralelas.

En efecto, se concibe bien, que si estas paredes son contorneadas, las partes cóncavas opuestas á la corriente sufren choques continuos que deben degradarlas tanto mas

prontamente cuanto mayor es la velocidad de la corriente y menor la resistencia del terreno: así es que en la corriente de los ríos se nota que en los recodos ásperos la pared está socabada continuamente en su parte cóncava opuesta á la corriente, de suerte que el espacio de algunos años ha arrebatado algunas veces el río una porción del terreno, mientras que ha dejado en la parte opuesta algo de su lecho en seco.

Siendo las paredes laterales, rectilíneas y paralelas sucede que el lecho se ensanchará si la resistencia del suelo supuesta constante en toda la estension del canal, es mas débil que la accion erosiva de la corriente.

Si el suelo no tiene la misma consistencia en todas partes, el lecho se ensanchará en todos los puntos donde la resistencia sea demasiado débil para equilibrar la accion erosiva de la corriente. Así es que se nota que los ríos son mas anchos en los terrenos arenosos, gredosos, ó arcillosos, que en los de calcarea dura, granito, &c.; y tambien son mas anchos en las llanuras peladas que en los bosques donde las raíces de los árboles impiden la degradacion del terreno.

Circunstancias que presenta el curso de los ríos.

ARTÍCULO VEINTE Y DOS. En todos los parajes en que un río se estrecha considerablemente por no dejarse corroer el terreno, la velocidad del líquido se hace muy grande, de lo que resulta que el lecho se profundiza sucesivamente á no ser que la resistencia del suelo esté en equilibrio con la accion erosiva de la corriente. Lo mismo sucede en todos los puntos en que la pendiente del terreno dá al líquido una velocidad enorme.

Al contrario, en los parajes en que el lecho de un río se ensancha, ó donde la pendiente es muy débil, el fondo se eleva sucesivamente, porque siendo pequeña la velocidad, no tiene la corriente fuerza para arrastrar los despojos que acarrea anteriormente.

De este modo se vé que el lecho de los ríos se eleva continuamente en las llanuras, y en todos los puntos en que

la anchura de la corriente se hace mayor. En estos puntos es donde se halla el guijo, y las arenas finas.

Segun estas reflexiones se vé que en los puntos mas anchos de un rio es en donde debe buscarse los vados para pasarle.

Tambien se eleva el fondo de un rio siempre que se restablece una empalizada trasversal: el efecto de esta empalizada es disminuir la velocidad de la corriente, y detener los despojos que acarrea, los que por su peso quedan siempre en el fondo.

Los rios, al llegar á la última parte de su curso cerca de su embocadura en el mar, se llenan sucesivamente de despojos y fango, porque su pendiente es muy pequeña; y ademas las aguas del mar les presentan un nuevo obstáculo, amortiguando aun mas la velocidad de la corriente: allí es donde se depositan las arenas mas finas que forman montones mas ó menos considerables.

En los mares que no tienen flujo y reflujo sensibles, se forma en la misma desembocadura del rio ó á alguna distancia en el mar una especie de montaña de arena que se llama barra, y que tarde ó temprano concluye por impedir la entrada de los barcos.

En los mares sujetos al flujo y reflujo se forma la barra comúnmente en el mismo rio á una distancia mayor ó menor de su desembocadura, porque las aguas que refluyen en el rio en la alta marea llevan los despojos á depositar en el punto donde las velocidades se equilibran.

El ensanchamiento de los rios y la elevacion de su fondo, son efectos recíprocamente consiguientes uno á otro; pues como lo hemos dicho anteriormente, debe pasar constantemente la misma cantidad de líquido por todos los trozos trasversales de la corriente; luego donde el fondo se eleva por una causa cualquiera las aguas deben correr continuamente las paredes laterales de su lecho para aumentar su latitud.

El fondo de un rio principal puede tambien elevarse por efecto de los torrentes y rios secundarios que desaguan en él; los torrentes, por ejemplo, que son sumamente rápidos porque corren en un terreno cuya vertiente es muy

grande, acarrean siempre despojos de rocas mas ó menos grandes; pero cuando encuentran un rio, la velocidad resultante de las dos corrientes reunidas es demasiado débil para arrancarlos y se depositan sucesivamente.

Del choque y resistencia de los líquidos.

ARTICULO VEINTE Y TRES. Cuando un líquido en movimiento encuentra en su camino un cuerpo en reposo, ejerce sobre él una percusion, cuyo valor depende de la velocidad de la corriente y de la estension y forma del cuerpo.

Cuando un cuerpo en movimiento atraviesa un líquido en reposo, experimenta una resistencia que tambien depende de la velocidad con que se mueve, de su forma y su estension.

Para establecer la teoría del choque y resistencia de los líquidos, se consideran estos cuerpos como compuestos de partículas perfectamente móviles que al momento que han chocado con el obstáculo quedan anonadadas ó mas bien se escapan por los lados para permitir á las que las siguen chocar á su turno, sin alterar en nada su direccion y su velocidad.

Partiendo de estos supuestos, se halla, que siendo todas las demas circunstancias iguales, la percusion del líquido es proporcional.

- 1.º A la densidad del mismo líquido.
- 2.º A la estension de la superficie chocada.
- 3.º Al cuadrado de la velocidad de la corriente.
- 4.º Al cuadrado del seno del ángulo, bajo el cual encuentra la direccion de la corriente á la superficie chocada.

Tambien se vé por estos resultados, cuan ventajoso es el cubrir los pilares de los puentes con tajamares que dividen al líquido y debilitan el choque tanto mas cuanto mas agudos son.

Fundado en estos principios los modernos construyen los puentes con tajamares en forma de semi-cilindros con su convexidad opuesta á la corriente.

De lo espuesto se deduce, que es muy esencial dar á los canales de navegacion la mayor anchura y profundidad que sea posible.

LECCION XXXII.

DE LOS MOVIMIENTOS REFRACTADOS, OSCILATORIOS Y VIBRATORIOS DE LOS LÍQUIDOS : MOVIMIENTO DE LAS RUEDAS MOVIDAS YA POR EL CHOQUE Ó YA POR EL PESO DEL AGUA.

Movimiento refractado.

ARTÍCULO VEINTE Y CUATRO. Cuando un cuerpo sólido que se mueve en el aire cae perpendicularmente á la superficie de un líquido, penetra en la masa perdiendo una parte de su velocidad; pero no sufre ningun desvio en su direccion.

Cuando al contrario cae oblicuamente á la superficie del líquido, sufre desvio ó refraccion en virtud de la resistencia del líquido, y se separa de la perpendicular al punto de inmersión.

Así que si una bola que se mueve en el aire en la direccion oblicua, toma la misma direccion cuando penetra en el líquido, y esta direccion aunque oblicua varia desde la entrada en el líquido.

Si muchos líquidos de densidades diferentes están colocados unos encima de otros, se nota que á cada líquido mas denso sufre el móvil una refraccion.

La refraccion es tanto mas fuerte cuanto mas difieren las densidades de los líquidos entre sí: en general el ángulo de refraccion es proporcional á la densidad del líquido.

Movimientos oscilatorios y vibratorios de los líquidos.

ARTÍCULO VEINTE Y CINCO. Cuando un líquido está en reposo en un tubo encorvado, las dos superficies están en un mismo plano horizontal; pero cuando una causa cualquiera altera el equilibrio, el líquido se eleva en uno de los dos brazos, y se deprime en el otro en una cantidad igual.

Cuando esta causa ha cesado de obrar, el líquido re-

trocede elevándose en el otro vaso, vuelve á caer y subir en el primero, y así sucesivamente oscilando del mismo modo que un péndulo.

La magnitud de las oscilaciones disminuye poco á poco en virtud del rozamiento, hasta que pasado algun tiempo se restablece el equilibrio.

Estas oscilaciones; que son debidas á la accion de la gravedad, siguen entre sí las mismas leyes que las oscilaciones del péndulo; asi es que son isócronas, y en tubos de diferentes longitudes sus duraciones están entre sí como las raices cuadradas de las longitudes de las columnas.

Movimiento undulatorio.

ARTÍCULO VEINTE Y SEIS. Todos saben que agitando el agua en un punto cualquiera de su superficie se forman olas circulares que parece moverse con cierta velocidad.

Estas olas son debidas á las elevaciones y depresiones sucesivas del líquido encima y debajo de su nivel, es decir, á las oscilaciones verticales de las moléculas líquidas, análogas á las que se verifican en un sifon invertido.

Los trabajos de Poisson y Cauchy sobre estos movimientos undulatorios, que hasta aqui eran muy poco conocidos, nos enseñan que á cierta distancia del centro de la conmocion, donde los movimientos se regularizan, es preciso distinguir dos especies de olas que se manifiestan en dos épocas diferentes.

Las olas que se desarrollan primero se propagan con movimiento uniformemente acelerado; sus latitudes, es decir, los intervalos entre dos vértices sucesivos; crecen proporcionalmente al cuadrado del tiempo, de suerte que dos olas que parecen confundirse muy cerca del centro de movimiento se separan de un modo muy rápido á medida que se adelantan.

Estas olas son en general muy poco perceptibles en razon de la depresion rapida de sus vértices y su ensanchamiento; circunstancias que impiden muy pronto el distinguirlas del nivel del líquido.

Las olas que se desarrollan en la segunda época, se

propagan con un movimiento uniforme, y una velocidad proporcionada á la raíz cuadrada de la anchura de la comocion primitiva; sus vértices se deprimen menos rápidamente.

Estas olas son mucho mas perceptibles que las primeras, y lo son tanto mas cuanto mas puntos existen en la superficie del líquido, en los cuales, las oscilaciones verticales son nulas, y que forman entonces una especie de nodos que parecen moverse en esta superficie.

Estos nodos dividen las olas en grupos, de los cuales cada uno puede considerarse como una sola ola dentada en toda su estension.

El movimiento puede trasmitirse á grandes profundidades; pues está demostrado que el guijo y arena que se hallan en el fondo del mar, son continuamente trasportados á las playas por las olas.

Reflexion de las olas en la superficie de los cuerpos.

ARTÍCULO VEINTE Y SIETE. Cuando una ola, producida por un medio cualquiera llega á encontrar un obstáculo que no puede vencer, se refleja sobre sí misma, y toma al retroceder la figura que tendria si hubiese continuado su movimiento al otro lado del obstáculo.

Es de notar, que diferentes olas producidas al mismo tiempo en la superficie de un líquido se propagan sin perturbarse de modo alguno.

Así es, que arrojando una piedra á un punto del estanque, y otra á otro diferente, se ven dos especies de olas circulares que se propagan unas sobre otras sin estorbarse de modo alguno.

Movimientos vibratorios.

ARTÍCULO VEINTE Y OCHO. Los líquidos son susceptibles de entrar en vibracion cuando están en contacto con un cuerpo que puede adquirir esta especie de movimiento.

En efecto, si se echa agua en un vaso de pie, por cuyo borde se pasa el dedo para producir un sonido, se vé

al momento á la superficie del líquido llenarse de pequeñas olas que van desde la circunferencia al centro.

La facultad que tienen los líquidos de poder vibrar se prueba tambien por la facilidad con que propagan el sonido producido en un punto cualquiera de su masa.

La facultad de transmitir el sonido, no es la misma en todos los líquidos: segun varios experimentos parece que está en razon directa de los pesos específicos.

Movimiento de las ruedas movidas por el choque del agua.

ARTICULO VEINTE Y NUEVE. Entre las ruedas de los molinos hay unas en cuyas circunferencias se colocan unas alas ó paletas, y otras en las que se colocan unos cajones.

En el primer caso obra el agua sobre estas ruedas principalmente con su choque; y en el segundo obra con su peso.

Hablaremos primero de las ruedas movidas por el choque del agua.

Prueba la experiencia que las ruedas giran tanto mas aprisa cuanto mas alas tienen.

Cuando una rueda con paletas gira en una corriente estrecha, la impulsión que recibe del agua es cerca de un tercio de la velocidad del fluido, mas grande que la impulsión que recibe en un fluido indefinido, por la razon de que en este último caso, el agua que se halla en abundancia, gira alrededor del ala, y la resiste; en lugar de que en la corriente estrecha no hai mas que una corta porción de agua, que huye tan aprisa ó aun mas que la paleta ó ala.

En efecto, prueba la experiencia que cuando la corriente no tiene mas que la latitud y profundidad simplemente suficientes para el movimiento de las ruedas, quedándole al fluido la libertad de escaparse despues de haber dado su choque, la impulsión directa y perpendicular contra el ala de la rueda es casi dupla de la impulsión que el ala recibiría, si estuviere sumergida á una misma profundidad en una corriente indefinida.

Las alas dirigidas al centro de la rueda parece ser las mas ventajosas, por la razon de que entonces se necesita

muy poco para que el fluido las choque perpendicularmente, lo cual produce una percusion mas grande: cuando están inclinadas estas alas, el choque es oblicuo, y esto disminuye el esfuerzo.

Sin embargo, un cierto grado de inclinacion hace que el agua suba á lo largo de la paleta, y que permanezca allí durante un cierto tiempo, obrando entonces con su peso, despues de haber obrado con su choque; y puede suceder que el esfuerzo que resulte de esto, haga mas que compensar la disminucion que recibe el choque por la oblicuidad con que el ala ó paleta ha sido chocada.

Una rueda colocada inmediata al depósito, gira mas apriesa que colocada en otra cualquier parte, por la razon de que entonces se saca partido de toda la caida del agua.

Pero si hay precision de colocar la máquina en el estremo de una corriente estrecha, á una distancia del depósito, se necesita inclinar la canal de esta corriente, casi la décima parte de su longitud, á fin de que el declive dé al agua la velocidad que le ha quitado el rozamiento; en cuyo caso recibe la rueda la misma impulsion que si estuviese colocada cerca del depósito.

Movimiento de las ruedas movidas por el peso del agua.

ARTICULO TREINTA. Obrando el agua con su peso produce un efecto mucho mas grande que cuando obra con su choque.

Cuando no se tenga mas que una corta cantidad de agua, y sea preciso economizarla, (cosa que sucede con frecuencia, á causa de no haber tantos rios caudalosos como riachuelos y arroyos de poco caudal) se necesita hacer obrar este agua mas bien con su peso que con su choque, para lo cual se podrá echar mano de las ruedas con cajones, en lugar de las ruedas con alas ó paletas, en cualquier parte en donde se pueda tener una caida de mas de 4 pies, y en donde no se tenga toda el agua necesaria para hacer girar, por ejemplo, un molino con una rueda de alas.

Se puede pues, establecer como un principio que el agua de una misma caida obra en su peso mucho mas ven-

tajosamente que con su choque; y que cuanto mas lentamente giran las ruedas con cajones, mas efecto producen, siendo iguales los gastos de agua.

Resulta este mayor efecto de que la misma porcion de agua obra mucho mas tiempo cuando la rueda gira mas lentamente.

LECCION XXXIII.

DE LAS BOMBAS: SU DESCRIPCION: DIFERENCIAS Y EFECTOS.

ARTICULO TREINTA Y UNO. Las bombas son unas máquinas hidráulicas destinadas á elevar el agua.

Se componen de cilindros huecos sin escabrosidad alguna en lo interior, y de un diámetro bien igual en toda su longitud, que se llaman cuerpos de bomba, en los cuales se hace entrar un tapon llamado émbolo, que se hace obrar por medio de una espiga de metal, á la estremidad de la cual se adapta la fuerza motriz, con el auxilio de una palanca, ó de otra cualquiera máquina: se une á esta un tubo ascendente para conducir el agua á la altura que se desea; y en fin unas válvulas.

Las bombas son de diferentes especies; unas compresivas, otras atractivas, y las hay tambien que son á un mismo tiempo atractivas y compresivas.

La bomba compresiva es la que eleva el agua con sólo comprimirla, ya sea que la columna de agua que se levanta, descansa sobre el émbolo que se saca, ya resista al émbolo que se empuja.

La bomba compresiva mas comun se compone de un cuerpo de bomba á cuya parte inferior está colocado un extremo de tubo abierto por abajo ó lleno de agujeros en toda su longitud, de modo que la bascosidad y todo no puedan llegar hasta el cuerpo de bomba. En la reunion de este extremo de tubo con el cuerpo de bomba hay una válvula que abriéndose permite que el agua pase en cierta direccion, y cerrándose impiden que el agua vuelva del lugar de donde viene.

Por válvula se entiende un pequeño cono truncado de latón ó de cuero, que se coloca en una cavidad correspondiente á su figura, y guarnecido de una colita destinada á mantenerle en su lugar.

Hay dos modos de construir las bombas compresivas.

En las unas descansa la columna de agua que se levanta sobre el émbolo que está obrando: en las otras resiste la columna de agua al émbolo que se hace bajar.

Las primeras pueden llamarse bombas compresivas elevatorias, y las segundas bombas compresivas impelentes.

En esta clase de bombas es muy fácil saber cual es el peso de la columna de agua con que está cargado el émbolo, cuando el tubo ascendente se halla lleno; y por consecuencia, el determinar cual es la fuerza que debe obrar para hacer trabajar la bomba.

Hemos probado que los líquidos pesan en razon de su altura perpendicular, y de la amplitud de la base que se opone á su caída.

En una bomba, esta base es el émbolo, y la altura perpendicular es la del tubo ascendente por cima de la superficie del agua, de modo que cuando el tubo ascendente está lleno, es igual la carga que hay sobre el émbolo, al peso de un cilindro de agua que tenga por diámetro el del émbolo, y por la altura la del tubo ascendente, contando desde la superficie del agua, cualquiera que sea el diámetro del tubo ascendente: lo que es fácil calcular, teniendo presente que un cilindro de agua de un pie de diámetro y de un pie de altura pesa 55 libras.

Se sigue de aquí que no se disminuye en modo alguno el peso de la columna de agua disminuyendo el diámetro del tubo ascendente; y que al contrario se aumenta por este medio la resistencia que es preciso vencer, á causa del aumento de los rozamientos que son mas considerables en los tubos delgados que en los gruesos; por la razon de que sus superficies relativas aumentan como disminuyen los diámetros: así, si no fuese por el ahorro de gasto, seria un gran desacierto el hacer, como no obstante se practica, los tubos ascendentes mas delgados que los cuerpos de bombas: siendo mejor darles un diámetro un poco mas grande que

el del cuerpo de bomba; en cuyo caso la columna de agua que se levantara, correría ó se deslizaría por un tubo de agua, y por consecuencia no padecería mas rozamientos que el de la segunda especie.

Si en esta bomba como en la anterior, es el émbolo de un mismo diámetro, y si los tubos ascendentes son de la misma altura perpendicular, los pesos de las dos columnas de agua son iguales, y estas dos bombas necesitan la misma fuerza motriz para ser puestas en movimiento; por la razon de que en este caso lo mismo es para la fuerza motriz el tener que levantar el émbolo cargado de la columna de agua que el tener que impeler la columna de agua con el émbolo.

En las atractivas se debe la subida del agua á la presión del aire, y como esta presión no puede sostener una columna de agua que pase de 32 pies, es claro que no debe tener mas longitud el tubo de atracción; al que ni aun los 32 pies se le dan en el uso ordinario, siendo lo mas frecuente dar al tubo de atracción 23 ó 24 pies. Mas si se quiere hacer subir el agua á una altura mayor, es preciso servirse de la bomba compresiva.

En las bombas atractivas y compresivas, se observa que la primera acción es la de una bomba atractiva.

La bomba mista, llamémosle así, es muy cómoda así porque se puede por este medio hacer subir el agua á la altura que se quiere; no necesitándose para esto mas que el dar mayor longitud al tubo ascendente, y aumentar la fuerza que debe poner á la bomba en movimiento.

Se puede incluir en la especie de la precedente, la bomba de incendio, la que no solamente es á un mismo tiempo atractiva y compresiva, sino que tambien tiene su surtidor continuo, sin embargo de no tener mas que un cuerpo.

La composición de esta bomba en lo esencial, es como la de la bomba atractiva y compresiva, con la diferencia de que su tubo de atracción es mucho mas corto; y de que en lugar de tubo ascendente sólido tiene un tubo de cuerpo, al que se le dá una longitud conveniente.

La continuación del surtidor es necesaria en los incendios.

dios; y se obtiene con esta bomba, empleando la elasticidad del aire en el momento en que se levanta el émbolo.

Es verdad que se necesita una fuerza dupla para hacer obrar la bomba; á saber, una fuerza capaz de impulsar la columna de agua, y una fuerza semejante para comprimir el aire, pero este no es inconveniente, á causa de que en los incendios rara vez hay falta de gente; sino que antes al contrario es lo mas comun el que haya demasiada.

Para mover las bombas se emplea toda suerte de agentes como hombres, animales, corrientes de agua, la accion del viento &c.

Las máquinas pequeñas de este género, tales como las bombas de los pozos ó de incendios, se mueven ordinariamente por medio de los brazos de los hombres. Cuando hay precision de hacer subir una cantidad considerable de agua se aumenta á proporcion la fuerza motriz; y para que ejerza continuamente el mismo esfuerzo, á lo menos con corta diferencia, sin quedar ociosa, se establece muchos cuerpos de bomba, de modo que cuando una parte de los émbolos descende, la otra sube.

Todo el efecto de estas máquinas depende de la regularidad del movimiento alternativo de las válvulas. Luego es indispensable el que estas piezas estén de tal modo construidas y dispuestas, que detengan bien el agua cuando están cerradas, y que se abran fácilmente cuando deban hacerlo.

Algunas veces se emplea tambien la accion del agua reducida á vapor por medio del fuego, para poner en movimiento las bombas: y entonces se les dá á estas el nombre de bombas de fuego; las cuales son unas máquinas hidráulicas, á propósito para elevar una gran cantidad de agua á una grande altura.

Hablarémos de ellas mas adelante al tratar del agua considerada en estado de vapor, y al manifestar los esfuerzos enormes de que es capaz este fluido elástico.

Despues de haber tratado todo lo mas indispensable al conocimiento de la hidráulica; debemos pasar á hacerlo de aquella parte de la fisica experimental conocida con el nombre de Mecánica.

CAPÍTULO NOVENO.

LECCION XXXIV.

DE LA MECÁNICA: GENERALIDADES: DE LA
PALANCA.*Mecánica: Generalidades.*

ARTÍCULO PRIMERO. La mecánica es aquella parte de la física que nos enseña las leyes del equilibrio y del movimiento de los cuerpos sólidos.

Se divide en dos partes: la Estática, de la palabra griega *statos* que significa quietud, que se ocupa del equilibrio de los cuerpos, y la Dinámica, de la palabra griega *dinamis*, que significa fuerza, que trata del movimiento de los mismos.

Por máquina se entiende todo instrumento destinado á transmitir la accion de una fuerza á un punto que no está sobre su direccion, ó á mudar la direccion de esta fuerza, ó de otro modo, las máquinas son unos instrumentos simples ó compuestos, cuyo destino es el de producir el movimiento, de modo que se ahorre algun tiempo en la ejecucion del efecto ó alguna fuerza en la causa de él.

Se llama fuerza todo lo que comunica, ó tiende á comunicar movimiento á un cuerpo.

Tambien se divide esta parte de los conocimientos humanos en dos especies: una práctica, y otra racional ó especulativa, que procede de sus operaciones por demostraciones exactas.

La mecanica racional es la ciencia de los movimientos que resultan de cualquiera fuerza, y de las fuerzas necesarias para producir cualquiera movimiento.

La naturaleza ha colocado á disposicion del hombre varios agentes mecánicos, dotados de diferentes especies y grados de potencia: tales son el peso de los cuerpos sólidos, el peso y presion de los líquidos, el peso y presion del aire y otros gases, la fuerza elástica del vapor que se

eleva de los líquidos por la aplicación del calórico, la elasticidad de los resortes, y la fuerza muscular animal.

Al aplicar estas fuerzas para vencer la resistencia ó comunicar movimiento á los cuerpos, raras veces ocurre que puedan efectuar el objeto que nos proponemos, sin recibir alguna modificación anterior. Puede suceder que la potencia que tengamos á nuestra disposición, no obre en la dirección propia, ó no tenga la velocidad de intensidad que se requiere; en cuyo caso debemos recurrir á algún invento, con el cual, al transmitirlo al punto de apoyo, se regulen de tal modo su dirección, velocidad é intensidad, que puedan adaptarse al objeto que nos proponemos.

Las máquinas se dividen en simples y compuestas; máquinas simples, son todas las sencillas, y como elementos de las compuestas, llamándose compuestas aquellas que son el agregado ó conjunto de varias máquinas simples que se emplea en el caso de no ser bastante favorable á la potencia una sola máquina sencilla.

A pesar de la infinita variedad de modos con que se emplea la maquinaria, y la gran diversidad de objetos á que parece que se dirige, sin embargo, es fácil observar que toda máquina, ya simple ó compuesta no puede tener otro objeto que la producción de uno ó mas de los tres efectos siguientes.

1º Variar la dirección de la potencia motriz, de modo que pueda vencer una resistencia dada, ó produzca en el cuerpo, al cual se aplique, una especie dada de movimiento.

2º Hacer que una potencia que tiene cierta velocidad pueda producir otra diferente en la obra que se ha de ejecutar ó en el cuerpo que se ha de mover.

3º Hacer que una potencia de cierta intensidad pueda vencer una resistencia, ó ejercer una fuerza sobre el cuerpo que se ha de mover, de una intensidad diferente, y á veces mucho mayor.

Para simplificar el desarrollo de la naturaleza y propiedades de la maquinaria consideraremos la potencia motriz, así como la resistencia que se ha de vencer, representadas por pesos equivalentes, llamándose técnicamente po-

tencia el peso que representa la fuerza motriz, y peso el que representa la resistencia.

Sin embargo de ser tantas y tan variadas las máquinas que hoy se emplean en las artes, no obstante todas ellas pueden reducirse á un corto número, que son las llamadas simples, y cuyo conocimiento basta para manifestarnos las grandes ventajas que se pueden conseguir con las otras.

Las máquinas simples son las siete siguientes: á saber,

- 1.^a La Palanca.
- 2.^a La Polea ó Garrucha.
- 3.^a El Torno.
- 4.^a El Plano inclinado.
- 5.^a La Rosca ó Tornillo.
- 6.^a La Cuña, y
- 7.^a Las cuerdas, ó máquina funicular.

Algunos colocan la rueda dentada ó cabria despues del torno, y suprimen las cuerdas.

Mas en rigor se pueden aun reducir estas siete máquinas á tres; que son, las cuerdas, la palanca, y el plano inclinado.

De la combinacion de estas máquinas simples resultan las máquinas compuestas, cuyo número es indefinido.

En toda máquina se deben considerar seis cosas: á saber la resistencia, la potencia, el punto de apoyo; la velocidad, el centro de gravedad y la línea de direccion.

Resistencia: Es la fuerza que se trata de vencer, ó á la cual se quiere hacer equilibrio.

Potencia: Se llama así la fuerza que se emplea para hacer equilibrio ó vencer á la resistencia.

Punto de apoyo: El punto de apoyo ó centro de movimiento es el punto al rededor del cual las dos fuerzas, que en este caso se llama potencia y resistencia, se mueven ó propenden á moverse.

Velocidad: Se mide por los arcos que describen en el mismo tiempo la potencia y la resistencia, ó por los espacios que corren en el propio tiempo, ó en fin cuando están en equilibrio, por los que correrian si estuviesen en movimiento.

El centro de gravedad: Es un punto al rededor del

cual todas las partes de un cuerpo ó de un sistema de un cuerpo están en equilibrio.

La línea de direccion: Es una perpendicular bajada desde el centro de gravedad de la potencia y de la resistencia al de la tierra, suponiendo siempre que la potencia y la resistencia son inanimadas. Al contrario, si estas son cuerpos animados que obran unos contra otros, su línea de direccion no es diferente de aquella en que actúan.

Hemos dicho que las máquinas simples pueden reducirse á tres clases, que son Palancas, Plano inclinado, y las Cuerdas; correspondiendo á la 1.^a la balanza, la romana, el torno, y la polea ó garrucha; por no ser otra cosa que palancas; á la 2.^a la cuña y rosca ó tornillo; mientras que las cuerdas de todas especies á la 3.^a Pero para mayor claridad é inteligencia trataremos cada máquina simple en particular.

De la Palanca ó vecte.

ARTÍCULO SEGUNDO. En general se llama palanca una máquina simple, que consiste en una barra inflexible, recta ó curva, y que tiene un punto fijo ó de apoyo, alrededor del cual puede girar libremente.

Cuando la palanca es recta y las direcciones de las fuerzas son paralelas, las distancias comprendidas entre el punto de apoyo y el punto de aplicacion de cada fuerza, se llaman brazos de la palanca.

El punto de apoyo puede hallarse en tres posiciones diferentes relativamente á la potencia y á la resistencia que actúan opuestamente una á otra por medio de una palanca, y de esta consideracion resulta la distincion de tres especies de palancas.

Se dice que la palanca es del primer género cuando el punto de apoyo está situado entre la potencia y la resistencia. La balanza y la romana presentan palancas de este género.

La palanca es del segundo género, si la resistencia se halla entre el punto de apoyo y la potencia. El cuchillo con que se corta el pan en algunas comunidades, ó las raices.

duras en las boticas, es una palanca de este género.

Finalmente se llama palanca del tercer género, aquella que tiene la potencia entre la resistencia y el punto de apoyo. Se halla un ejemplo de esta especie de palanca en una clase de tenazas con muelle, que se usan en las cocinas para tomar las ascuas.

La ventaja de estos instrumentos es el poder establecer el equilibrio con una potencia inferior á la resistencia que se debe vencer, disponiendo las cosas de modo que la resultante de estas dos fuerzas, sin que se reduzca á cero, se dirija y se destruya en los puntos fijos del aparato.

Ley general de equilibrio en esta máquina.

ARTICULO TERCERO. Si por medio de una palanca, ó de otra máquina cualquiera se hacen actuar la una contra la otra dos fuerzas, de las cuales una haga las veces de potencia y otra de resistencia; hay equilibrio cuando la potencia y la resistencia están en razon inversa de sus distancias al punto de apoyo; cuyos principios pueden aplicarse tanto á las palancas rectilíneas, como á las curvas, haciendo las modificaciones que las son respectivas.

La distincion anteriormente espuesta acerca de las tres especies de palancas nos hace ver 1.º Que la palanca del primer género puede favorecer igualmente la potencia ó la resistencia; pues suponiéndose desiguales los brazos, la potencia ó la resistencia pueden colocarse en el extremo del brazo mas largo.

2.º Que la palanca del segundo género es esclusivamente ventajosa á la potencia, como que está mas distante del punto de apoyo que la resistencia.

3.º Que la palanca de tercer género favorece siempre á la resistencia que se halla á mayor distancia del punto de apoyo que la potencia.

Aplicaciones.

ARTICULO CUARTO. La palanca es una de las máquinas mas comunes y de la cual se hace un uso casi continuo en las

artés y en las operaciones mas repetidas de la vida. Las tijeras, los alicates, las tenazas, las despaviladeras &c., son dos palancas del primer género reunidas por su punto común de apoyo, que es el clavillo, alrededor del cual giran, colocado entre la resistencia y la potencia.

La barra de hierro, de que se sirven comunmente los canteros, los empedradores, los albañiles y otros artesanos para levantar piedras ú otros cuerpos pesados, obra unas veces como palanca del primer género, otras como del segundo segun el diferente modo de emplearla.

Los manubrios ó cigüeñas que con tanta frecuencia se adaptan á las máquinas, son igualmente palancas, cuya estructura merece alguna atención.

Cuando dos hombres llevan una carga por medio de un palo apoyado sobre los hombros, el fisico vé en esta disposicion una palanca del 2º genero, con la cual se puede distribuir una carga entre dos personas proporcionalmente á sus fuerzas.

Entre las palancas del segundo género se puede contar tambien los fuelles de fragua y de cocina, los palos de un návio, una puerta que se empuja &c.

El cuerpo humano como el de todos los animales es la mas sabia combinacion de palancas de todos géneros, y principalmente de las del tercero; por ejemplo, quando levantamos un peso con la mano, en que el punto de apoyo está en el codo &c.

LECCION XXXV.

DE LAS BALANZAS: ROMANAS: POLEAS Ó GARRUCHAS.

Balanza.

ARTICULO QUINTO. La balanza comun es una máquina que sirve para equilibrar dos cantidades iguales de materia, de manera que conociendo el peso de la una, se sabe por su medio quanto pesa la otra.

Distingüense en una balanza; 1º el astil cuya longitud

Está dividida en dos partes iguales por su eje; 2.º los dos platillos suspendidos en las dos estremidades de los brazos del astil; 3.º una manija que sirve de punto de apoyo al eje, en donde está el centro de movimiento.

Es fácil ver que la balanza es una palanca de primer género dividida en dos brazos iguales por su punto de apoyo, y cargada por los esfuerzos de una potencia, y de una resistencia.

La perfeccion de una balanza depende de ciertas condiciones.

1.º Los puntos de suspension de los platillos ó de los pesos deben estar en la misma línea con el centro de la balanza, é igualmente distantes de este centro.

2.º Las partes del eje que están separadas por el astil deben hallarse en una misma línea recta.

3.º La balanza debe ser muy móvil: débese pues, disminuir el frote en cuanto sea posible, y de consiguiente la presión sobre el punto de apoyo.

Este es el motivo porque se construyen tan ligeros los astiles de las balanzas de ensayo.

4.º La bondad de la balanza depende tambien de la disposicion del centro de gravedad del astil con relacion al centro de movimiento.

Cuando estos dos centros se confunden y los dos brazos están igualmente cargados, el astil queda en equilibrio, cualquiera que sea la situacion que se le de, y la menor diferencia en el peso basta para inclinar la balanza.

5.º Una balanza debe ser construida de modo que la longitud de sus brazos sea constantemente la misma, durante el uso del instrumento.

Tambien se construyen falsas balanzas; siendo necesario.

1.º Que la longitud de los brazos del astil sea desigual.

2.º Que tambien lo sea el peso de los platillos; pero de manera que si uno de los brazos del astil es de $\frac{1}{2}$ mas largo que el otro, el platillo suspendido del brazo mas corto esceda tambien de $\frac{1}{2}$ al peso del platillo del otro lado.

El equilibrio establecido entre pesos colocados en los platillos indicará la desigualdad de masas, porque el equilibrio indica igualdad de fuerzas; pero fuerzas iguales indican desigualdad de masas cuando las velocidades son diferentes, y aquí hay desigualdad de velocidades, por haberse supuesto desiguales los brazos del astil que las representan.

La masa menor estará en el platillo pendiente del brazo mas largo. A esta le falta de peso lo que gana por razón de mayor distancia. Su distancia al punto de apoyo se ha supuesto mayor de $\frac{1}{2}$ por consiguiente en el caso de equilibrio su peso será de $\frac{1}{2}$ menor.

Romana.

ARTICULO SESTO. La romana es otra especie de balanza en que los brazos son desiguales: el eje y la maneta que la sostienen estan colocados á una muy corta distancia del extremo del brazo en que se suspende la masa cuyo peso se quiere conocer. El otro brazo que es mucho mas largo, está dividido en muchas partes iguales. Estas divisiones sirven para determinar el esfuerzo respectivo de un pequeño peso que se mueve á lo largo de este brazo.

Es claro que la romana no es otra cosa que una palanca de primer género, en la que el punto de apoyo está mucho mas aproximado á una de las estremidades; de que se sigue que un pequeño peso puede equilibrarse con una masa considerable, alejando proporcionalmente el peso menor del punto de apoyo.

La romana tiene ademas otras ventajas sobre la balanza comun.

1.º Puédense al auxilio de la romana pesar masas diferentes con un solo peso, cuando en la balanza comun son menester tantas pesas diferentes, cuantas son las masas que se hayan de pesar.

2.º Con la romana, cuando se trata de grandes masas, se pesa mas exactamente; porque los frotos en estas máquinas aumentan en razon de las cargas: de que se sigue, que si se emplea una balanza ordinaria para pesar gran-

des fardos, su eje estando cargado del fardo y de su contrapeso, será proporcionalmente menos móvil.

Polea ó garrucha.

ARTÍCULO SEPTIMO. La polea es una rueda ó círculo sólido, por lo regular de madera ó de metal, escavado por su circunferencia en forma de garganta ó carril, atravesado en su centro por un eje perpendicular al plano de su superficie, y sostenido por un armazon.

Quando este eje está fijo, la polea solo puede girar sobre él, y en este caso se llama polea fija ó inmóvil.

Tambien hay casos en que el eje de la polea no está fijo: en esta circunstancia la garrucha puede moverse en el espacio al mismo tiempo que jira sobre su eje, y entonces se llama polea móvil.

Tratemos del primer caso.

La polea fija se reduce á una palanca del primer género recta ó angular, cuyos brazos son rádios tirados desde el centro del círculo á sus puntos de contacto con las cuerdas, y como estos brazos son iguales, para que haya equilibrio es necesario que la potencia y la resistencia lo sean tambien.

En este caso la resultante comun de estas dos fuerzas pasa por el centro de la polea, y la resistencia del eje la destruye; por consiguiente si estas fuerzas son paralelas, el eje tiene que resistir á la suma de sus esfuerzos.

De aquí se infiere que la potencia nada adelanta en fuerza con el servicio de esta máquina; pero le proporciona la ventaja de actuar de un modo mas favorable á la direccion de la gravedad, ventaja bien conocida de todos. Díganlo los que sacan agua de un pozo.

Considerémos ya una polea móvil del todo libre, alrededor de la cual esté envuelto un cordon que tiene uno de sus extremos fijo á un obstáculo invencible, y del otro tira una potencia.

Si en el eje de la polea sujetamos un peso, ó en general una resistencia, es claro que esta resistencia puede hallarse equilibrada por la accion combinada de la potencia y de la resistencia del punto fijo.

Entonces la polea hace de palanca de segundo género, lleva consigo el fardo, y el punto de apoyo está en el diámetro partido en dos por la resistencia que solo estriba en el radio; por consiguiente cuando sube el peso, la potencia hace un camino doble que aquel, y por tanto tiene una velocidad doble, la cuerda abraza la mitad de la circunferencia, y las direcciones de las dos fuerzas son paralelas.

Se acostumbra hacer girar las poleas sobre un cilindro ó eje de metal que atraviesa el centro de esta especie de máquinas.

Esta construccion es defectuosa, porque la circunferencia del agujero que se hace en el espesor de la polea nunca es perfectamente homogénea; unas partes se gastan mas pronto que otras por el rozamiento que experimentan sobre el eje, y por consiguiente el agujero se hará irregular, desigual y escabroso, aumentando con esto los rozamientos que ha de superar la potencia.

Para evitar este inconveniente de construccion es necesario fijar en el espesor de la polea misma el eje sobre el cual debe girar, evitando todo el frotamiento posible.

Y si queremos que las poleas sean todavía mas móviles, es necesario que su eje se apoye por ambas partes de la interseccion de dos garruchitas móviles sobre sus ejes particulares.

Por lo regular se dá á las gargantas de las poleas la forma semicircular, y en efecto esta es la mas ventajosa cuando estas máquinas se destinan simplemente á mudar la direccion del movimiento, pero cuando se quiere aumentar el rozamiento, el carril de la polea debe ser triangular.

Cuando se desea aumentar la potencia, se añaden poleas móviles y fijas y se forma un conjunto de garruchas que llamamos trócula ó aparejo, muy útil para suspender grandes pesos con fuerzas poco considerables.

Las poleas fijas están todas suspendidas de una misma oreja asegurada á un palo, techo, &c., y la parte inferior de su oreja sirve para atar á él un cabo de la cuerda.

Las poleas móviles están todas suspendidas de una misma oreja, y en su parte inferior cuelga el peso.

Para evitar el roce de las cuerdas unas con otras, suelen ponerse las poleas unas menores que otras en degradacion, pero será mas ventajoso enear todas las fijas en una misma oreja, y las movibles lo mismo todas paralelas.

Luego se calculará el peso que sostendrá una trócula, multiplicando la potencia por el doble del número de poleas movibles.

Si la potencia pesa 60 libras y las poleas movibles son tres, multiplicando 60 por 6, tendremos 360 libras, peso que sostendrá la trócula.

Del mismo modo, dado el número de poleas movibles y el peso, se calcula la potencia necesaria, dividiendo el peso por el doble del número de poleas movibles.

Si el peso es 800 libras y las poleas 4, tendremos que dividiendo 800 por 8 = 100 que será la fuerza necesaria.

Igualmente para hallar cuantas poleas movibles se necesitan, dado el peso y la potencia, dividase el peso por la potencia; y la mitad del cociente será el número de poleas que se busca.

Peso 500 libras; potencia 50; diviendo 500 por 50. = 10; luego deberá haber cinco poleas movibles.

LECCION XXXVI.

DEL TORNO ARGÜE O CABRESTANTE : MANUBRIOS : RUEDAS DENTADAS : CABRIA Y RUEDAS DE CARRUAGES.

Torno Argüe ó Cabrestante.

ARTICULO OCTAVO. Esta Máquina varia mucho en cuanto á su forma y disposicion, tomando diversos nombres : pero siempre puede considerarse como compuesta de un cilindro y de una rueda, que tiene el mismo eje y que estan fijadas solidamente el uno á la otra.

La potencia aplicada á la circunferencia de la rueda la hace girar juntamente con el cilindro y en este último se envuelve la cuerda de la cual pende el peso ó la resistencia que se quiere acercar á la máquina.

En vez de una rueda se adaptan algunas veces al ci-

lindro unas barras ó palancas que lo atraviesan perpendicularmente á su eje, y cada potencia actua en el extremo de estas palancas.

Otras veces la potencia hace girar el cilindro por medio de uno ó dos manubrios ó cigüeñas, y esta especie de tornos se ve muchas veces en los brocales de los pozos para sacar el agua.

El torno toma diferentes nombres segun la posicion de su eje relativamente al horizonte.

Si este eje se dispone paralelamente al horizonte es un torno, y si el eje es vertical se llama argüe ó cabrestante.

Cualquiera que sea la forma de esta máquina, se puede considerar siempre, en la teoria, reducida á una rueda y un cilindro, y por consiguiente podemos representar por letras el corte vertical de la rueda, el del cilindro, el eje comun de la máquina, y el peso ó la resistencia que se trata de levantar por medio de la cuerda que se envuelve en el cilindro.

Para establecer el equilibrio en el torno, la potencia debe tener con la resistencia la relacion del radio del cilindro al radio de la rueda. En la práctica no se debe olvidar añadir al radio del cilindro el de la cuerda.

Cuanto menor sea el diámetro del cilindro y mayor el de la cuerda, sera tanto mas favorable la accion de la potencia en la construccion de esta máquina.

No se conseguirá pues grande ventaja por medio de esta máquina, sirviéndose tan solo de un manubrio, pues que la longitud de este no puede esceder la del brazo del hombre que lo mueve.

Se substituyen al manubrio para aumentar las ventajas en esta máquina, unas palancas cruzadas, que atraviesan el espesor del cilindro, y estas palancas proporcionan una ventaja tanto mayor cuanto mas largas son, como desde luego se deja ver, pues sirven para alejar la potencia del punto de apoyo; permaneciendo constante la distancia de la resistencia al mismo punto.

Podemos sacar de esta máquina toda la ventaja que es capaz de proporcionar, sin alterar su sencillez, dando al cilindro una posicion vertical, ó transformando el torno en

cabrestante pues en este caso podemos prolongar las palancas sin inconveniente. Además la potencia obra siempre perpendicularmente á su brazo de palanca, al cual se pueden aplicar varios hombres ó caballos á la vez. Por esto el cabrestante se emplea frecuentemente para levar las lanchas y anclas, cazar las velas, &c.; y tambien en tierra para conducir grandes pesos en una direccion horizontal, y á veces en una direccion vertical mediante dos poleas.

Cuando se trata de suspender grandes masas, se usan mas generalmente de un verdadero torno con palancas muy prolongadas; estas se enlazan entre sí por medio de pinas, formando de este modo una rueda, hácia cuya circunferencia se fijan unas clavijas, y así dispuesta se suele llamar á esta máquina ruedas de canteras, pues que regularmente se emplea para sacar las piedras del fondo de las canteras.

Tambien se construyen ruedas de esta especie en forma de tambores huecos, en cuyo interior andan hombres ó animales, y con su peso hacen mover la máquina.

Manubrio.

ARTICULO NOVENO. La disposicion que se debe dar á los manubrios ó cigüeñas, que con frecuencia se adaptan al torno, cuando su objeto es elevar pesos moderados, merece particular atencion.

En efecto, un hombre que dá vueltas á un manubrio de cierta longitud, no ejerce la misma fuerza en todos los puntos de la circunferencia que describe. Esta fuerza está en su mínimum cuando el manubrio al describir la porcion superior de esta circunferencia, corresponde á la altura de los hombros del que la hace girar, porque entonces no se vale mas que del esfuerzo muscular, además de ser la accion mas ó menos oblicua; pero desde el instante en que empieza á hacer bajar el manubrio, se ayuda con el peso de su mismo cuerpo, y obra con mayor ventaja hasta que el manubrio ha llegado al punto mas bajo de la circunferencia: en este caso la potencia precisada á actuar en sentido contrario al de la pesantéz para volver á su primera posicion, no puede ya aprovecharse del peso de su cuerpo, y su fuerza disminuye.

Esta observacion prueba, pues, que un hombre que dá vueltas á un manubrio, actúa ventajosamente durante media revolucion, y al contrario durante la otra media; y por lo mismo se concibe fácilmente que si se quieren aplicar dos manubrios á un torno, conviene disponerlos de modo que una de las dos potencias obre favorablemente, mientras que la otra actúa en una direccion desventajosa. Se conseguirá este efecto, colocando los dos manubrios en sentido contrario.

Examinando el manubrio durante el curso de una vuelta, se puede notar que unas veces obra como palanca del primer género, y otras como del segundo.

Algunas veces se usa de un manubrio ó cigüeña simple, doble ó triple, colocado en el mismo eje, para mudar un movimiento circular en movimiento rectilíneo ó de vaiven: para hacer mover las bombas, los fuelles de fragua &c.

Ruedas dentadas.

ARTICULO DIEZ. Las ruedas dentadas cuya forma y usos son tan conocidos, se pueden tambien reducir al torno, y hallar fácilmente la relacion que debe guardar la potencia y la resistencia para que haya equilibrio en estas máquinas, que comúnmente son compuestas.

Figurémonos un engranaje de dos ruedas grande y chica. La primera á semejanza de un torno, lleva palancas en las cuales se supone la aplicacion de la potencia, y la rueda chica sólidamente fija en su centro se llama piñon. Este con sus dientes ó alas engrana en los dientes de la rueda grande, cuyo arbol ó cilindro sostiene la resistencia por medio de una cuerda que se envuelve en su circunferencia.

Supongamos que el peso sea de 30 libras; el rádio de la rueda dentada al rádio de su cilindro, como 6 á 1; el rádio del piñon al rádio de la rueda que lleva las palancas como 1 á 5. Es fácil conocer que en esta suposicion un peso igual á 1 aplicado al estremo de la palanca, hará equilibrio á un peso cinco veces mayor colocado en el diente y que este producirá un efecto seis veces mas considerable

que si estuviere en el arbol ó cilindro; por consiguiente una potencia igual á 1 colocada en la palanca, podrá hacer equilibrio á una resistencia de cinco veces seis, ó de 30 libras. Esta relacion crecerá al paso que se multipliquen mas las ruedas.

Podemos establecer como principio general que, en un sistema de ruedas dentadas la potencia es á la resistencia, como el producto de los rádios de los piñones es al de los rádios de las ruedas.

En la maquinaria se emplea frecuentemente diferentes especies de engranaje en los que la rueda chica llamada linterna sirve para cambiar el movimiento de rotacion en otro perpendicular al plano del primero: ó bien para comunicar el movimiento de una rueda á otra bajo un ángulo cualquiera.

A pesar de que se puede producir esfuerzos muy considerables por medio de un sistema de ruedas dentadas, casi nunca se emplean en la mecánica para semejante uso.

La utilidad principal de las ruedas dentadas consiste en poder comunicar el movimiento, perpetuarlo, acelerarlo, ó retardarlo como se quiere.

Hay otras muchas máquinas mas ó menos complicadas que á cada paso se emplean en combinacion con las poleas, ya para levantar y montar los cañones ó los materiales de los edificios, ya para cargar y descargar los buques &c., y que propriamente solo son tornos dispuestos convenientemente para el servicio á que se destinan. Tales son, por ejemplo, las máquinas llamadas cabria, grua, gato, &c.

Cabria.

ARTICULO ONCE. La Cabria se compone principalmente de un torno y de un sistema de tróculas, en la que la potencia aplicada á la palanca del torno es á la tension de la cuerda como el radio del cilindro á la longitud del brazo de palanca; pero esta tension es al peso que debe levantar, como la unidad es al número de cuerdas que abrazan las poleas moviles; por consiguiente la potencia es al peso ó á la resistencia, como el radio del cilindro del tor-

no es al número de cuerdas que abrazan las poleas móviles multiplicado por la longitud del brazo de palanca.

La Cabria ordinaria ha ocasionado á veces accidentes desgraciados, quando cargada de un peso muy considerable, uno de los trabajadores afloja, suelta, ó rompe una palanca: en este caso el peso retrocede y hace girar el torno con violencia.

Se ha precavido este inconveniente ya por medio de una rueda de catalina, es decir rueda de dientes triangulares que engrana en una pequeña palanca al retroceder, ya por medio de una cabria particular muy ingeniosa.

La Grua es una máquina muy comun en los puertos: tiene ruedas en vez de palancas, pues si para colocar estas se atravesase el cilindro, se debilitaria este considerablemente. Los hombres actuan por su peso cargándose sobre las cigüeñas.

Ruedas de Carruages.

ARTICULO DOCE. Esta es una máquina que algunos refieren al torno, otros á la polea y cuya teoria presenta algun interes.

Estas ruedas tienen dos movimientos: su centro se adelanta en línea recta, mientras que todas las partes de la circunferencia giran al rededor de él.

Asi se pueden considerar como palancas del segundo género que se repiten tantas veces como puntos hay en la circunferencia. Cada punto de esta es la estremidad de un radio apoyado sobre el terreno quando está perpendicular á él, y la otra estremidad de este mismo radio está debajo del eje cargado de todo el peso y tirado por la potencia.

Si el terreno fuese perfectamente llano, la rueda exactamente redonda, y no hubiese frotamiento en el eje, un niño moveria un carro cargado, pues la resistencia que proviene de su peso reposaria enteramente sobre un punto del terreno: mas no sucede asi por lo comun.

Las ruedas llenas de clavos y mal redondeadas causan muchos frotamientos, los caminos son desiguales y los ejes se rozan considerablemente.

De aqui nace que en vez de reposar el peso ó resistencia perpendicularmente sobre el terreno, reposa oblicuamente.

Las ruedas grandes son por lo mismo mas ventajosas que las pequeñas, pues estas se encajan mas en el terreno hollado, y asi el rádio, al querer salir del vuache, es mas oblicuo á la direccion de la potencia que no en una grande: ademas que esta teniendo mayor camino que correr dá menos vueltas, y hay menos frotamientos.

LECCION XXXVII.

DEL PLANO INCLINADO: ROSCA Ó TORNILLO:

CUÑAS Y CUERDAS.

Plano inclinado.

ARTÍCULO TRECE. Se llama plano inclinado todo aquel que no forma ángulo recto con el horizonte, y se dice que es tanto mas inclinado cuanto menor ó mas agudo es este ángulo.

Si se pone un libro sobre una mesa y se entreabre, la parte levantada indica un plano inclinado mas ó menos, segun esté poco ó mas abierto el libro.

En todo plano inclinado se considera la longitud del plano, su altura, su base y el ángulo de inclinacion, por lo que puede representarse por un triángulo retángulo.

Todo plano inclinado favorece la potencia que por su medio pretende equilibrar ó elevar un cuerpo en el sentido de su longitud; porque el plano sostiene parte del peso de este cuerpo, y por consiguiente alivia á la potencia de una parte del esfuerzo que debiera hacer si tuviese que sostener la totalidad de su peso.

Muy fácilmente se comprenderá esta verdad, considerando que el plano inclinado participa á la vez de la naturaleza de un plano horizontal que sostendría enteramente el peso de un cuerpo puesto sobre él, y de la de un plano vertical que nada sostendria de este peso, si se quisiese elevar el cuerpo en el sentido de la altura de este pla-

no; y por consiguiente cuanto menor sea el ángulo de inclinacion, tanto menor será la potencia.

En toda esta teoría se prescinde del rozamiento que se opone mas ó menos al descenso del cuerpo, y por esta razon será mas apropósito servirse en estos experimentos de cuerpos esféricos ó cilíndricos.

Tambien se puede demostrar sencillamente esta relación por el principio de la palanca y que en el caso de equilibrio la potencia es á la resistencia, como la altura del plano es á su longitud; ó bien que la potencia es á la resistencia, como la altura del plano es á su base.

De aquí se infiere que una potencia que trata de elevar un cuerpo por medio de un plano inclinado, actúa con tanta mas ventaja, quanto mas se acerca su direccion á ser paralela á la longitud de este plano.

Un hombre que trepa por una montaña se mueve en un plano inclinado: el peso de su cuerpo es en este caso la resistencia, la accion muscular que emplea para sostenerlo y moverlo es la potencia: y así vemos que consume á cada instante mas fuerza y experimenta mayor fatiga, quanto mas altura tiene la montaña relativamente á su longitud.

Supongamos, por ejemplo, que á la altura vertical de la montaña sea la tercera parte de su longitud, que se supone llana, y que el cuerpo de dicho hombre pesa 150 libras: el esfuerzo que se verá precisado á hacer, será pues, de 50 libras, siendo así que ningun peso sostendría si anduviese por un plano perfectamente horizontal.

Rosca.

ARTICULO CATORCE. Hemos demostrado que el plano inclinado proporciona un medio de elevar un peso á una altura cualquiera con una fuerza menor que él; y para que en este movimiento el peso no se aleje horizontalmente á distancias considerables, basta hacer girar el plano al rededor de un eje vertical, como efectivamente se practica en los caminos que suben dando vueltas por una montaña.

Tal es exactamente la construccion de la rosca ó del tornillo, que no es mas que un plano inclinado escavado.

en forma espiral ó de helice en un cilindro vertical, de modo que el intervalo que hay entre dos vueltas consecutivas de esta espiral sea siempre el mismo.

Este intervalo constante se llama el paso de la rosca, y la parte saliente del cilindro que se halla comprendida en cada una de las vueltas de esta espiral se llama filete ó espira.

Si la espiral ó helice que constituye la rosca en vez de estar escavada en la superficie exterior de un cilindro lo estuviese en la circunferencia interior de un agujero circular, formaria otra especie de rosca que se llama tuerca ó rosca hembra, y cuyo destino es recibir las espiras de una rosca propiamente tal ó rosca macho, para lo cual es indispensable que la abertura de la tuerca y sus pasos sean proporcionados al grueso y á los pasos de la rosca que debe introducirse en ella, de modo que las espiras de esta puedan entrar y encajarse exactamente en las espiras de la otra.

Estas dos especies de roscas se necesitan mutuamente; y son inseparables en las máquinas que sirven para impeler los cuerpos, comprimirlos ó mantenerlos en una situación.

Hay muy pocos casos en que sea inútil la tuerca, si exceptuamos los tornillos que se destinan para la madera, y que son un poco cónicos y dispuestos de modo que forman por sí solos sus tuercas en el espesor de la madera, en la cual se introducen.

Fácilmente se conoce que una vez introducidos los pasos de una rosca en los de su tuerca correspondiente, las partes que se hallan en contacto, deben experimentar un rozamiento enorme, principalmente cuando el cuerpo, sobre el cual actúan les hace sostener un peso considerable.

Este rozamiento, que se procura disminuir todo lo posible en las demas máquinas como perjudicial á la ventaja que de ellas se espera, presenta mucha utilidad en el empleo de la rosca; porque contribuye á mantener la resistencia en la situación que le ha dado la potencia, aun cuando esta deje de actuar, y le impide volver por un movimiento retrógrado á su primer estado, al cual le inclinan

ó la fuerza elástica de los cuerpos comprimidos, ó la pesantéz de los pesos que sostiene.

Un trozo de hierro, por ejemplo, que se apriete ó comprima entre las quijadas de un tornillo de cerrajero, permanece siempre comprimido, aun cuando se abandone á sí misma la rosca que se ha hecho adelantar hasta cierto punto en la tuerca que tiene la quijada fija de este instrumento.

La parte superior ó cabeza de la rosca lleva casi siempre una palanca, en cuyo extremo se aplica la potencia.

Tal es el tornillo de cerrajero que es propiamente una máquina compuesta: su rosca se mueve y gira en su tuerca por medio de una barrita de hierro que atraviesa la cabeza de la rosca.

En las roscas que no tienen palanca aparente, es siempre mayor la cabeza que el cilindro sobre cuya superficie se ha formado la rosca, y este exceso de gruesos forma una especie de palanca, á la cual se aplica la potencia.

Muchas veces la cabeza del tornillo está hendida ó tiene una mortaja para recibir un atornillador, y en este caso el mango de este instrumento presenta una palanca mas ó menos larga á la potencia que la mueve circularmente.

Otras veces tambien la rosca es fija, y la tuerca presentando un diámetro ó una palanca mas ó menos considerable, gira al rededor de aquella, como se ve en las prensas de los libreros.

Para hallar la relacion de equilibrio en la rosca, prescindiendo del rozamiento, no deberémos comparar directamente las velocidades con que se mueven durante la accion de la máquina la potencia y la resistencia: porque esta relacion se hallaria á veces con dificultad, y en algunos casos la resistencia se mantiene sensiblemente inmóvil bajo el esfuerzo de la rosca que la comprime; sino la velocidad con que se mueve la potencia á la velocidad que adquiere la rosca caminando en su tuerca.

Supongamos aplicada la potencia al extremo de la palanca, que por lo regular atraviesa la cabeza de la rosca, y considerémos que describe toda la circunferencia de un círculo, cuyo rádio es la palanca, mientras que la rosca.

solo adelanta un paso en su tuerca. Se necesita, pues, para que haya equilibrio, que la potencia sea á la resistencia, como la altura del paso de la rosca es á la circunferencia que describe la potencia en cada una de las vueltas de la rosca.

De aquí resulta que en esta máquina ganará tanto mas la potencia, cuanto menores serán los pasos y mas larga la patanca que atraviesa la cabeza de la rosca.

Algunas veces se emplea la rosca para mover una rueda dentada, y en este caso resulta una máquina compuesta vulgarmente llamada rosca sin fin, de que hablaremos en adelante.

Los efectos de la rosca llamada del célebre Arquimedes, están fundados en los mismos principios.

Muchas veces tambien se emplea la rosca como micrómetro ó instrumento propio para medir espacios muy pequeños, aplicacion muy ingeniosa que tiene cierta analogía con lo que se llama nuñez ó nonio en los instrumentos de matemáticas y de astronomía.

Cuña.

ARTÍCULO QUINCE. Se dá el nombre de cuña á todos los cuerpos que tienen una base bastante ancha, llamada cabeza, y que son puntiagudos ó cortantes por la parte anterior ú opuesta á la primera, llamada corte ó filo.

Se distinguen dos especies de cuñas, cuña simple, ó cuña doble.

La primera se representa generalmente por un perfil triangular, que forma un triángulo rectángulo cuya base se llama lado y la hipotenusa longitud.

La cuña doble se puede considerar como compuesta de dos prismas triangulares semejantes al anterior y unidos por su altura.

La cuña simple sirve muchas veces para levantar grandes pesos, introduciéndola debajo de ellos á golpes de martillo desde su corte hasta la cabeza. Con mas frecuencia se emplea la cuña doble, destinada particularmente á rajar y separar las partes de un cuerpo, como por ejemplo de un madero.

Ya se sabe que al principio se hace una pequeña hendidura en las partes que se quieren separar y que en seguida se introduce la cuña por su corte, y por los repetidos golpes que se dan sobre su cabeza consigue introducirla del todo y rajar el madero.

Todo el mundo sabe esta práctica y el instrumento que en ella se emplea, pero lo que no todos conocen tan bien es la multitud de cuñas de que se valen en sus operaciones diarias sin reparar en ello.

Todos los instrumentos de corte, en efecto, desde la lanzeta del cirujano, la navaja de afeitar, el cuchillo que todos usamos, hasta el hacha del leñador y otros instrumentos, son cuñas particulares, y los alfileres, las agujas, los dientes y uñas, aunque redondeados en el sentido de su longitud, son tambien cuñas pequeñas en razon de sus puntas agudas á las cuales vienen á terminarse los lados insensibles que componen su contorno, y se deben mirar como otros tantos planos ó caras que concurren á formar la cuña.

Entre los cuerpos cuyas partes se separan por medio de la cuña, los unos se hienden conforme se introduce la cuña, y en otros la hendidura se prolonga mas allá de lo que la cuña alcanza.

En el primer caso para que haya equilibrio entre la potencia y la resistencia (suponiendo esta constante, lo que raras veces sucede) es necesario que la primera sea á la segunda, como la cabeza de la cuña es á su altura ó lado.

Esta relacion se demuestra ó por medio del paralelogramo de fuerzas, ó bien comparando las velocidades respectivas de la potencia y de la resistencia, y tambien considerando que la cuña es un plano inclinado, doble las mas veces y aplicándole inmediatamente la teoría de esta máquina en el caso de actuar la potencia paralelamente á su base.

La cohesion de las partes del cuerpo que se pretende rajar, origina la resistencia que experimenta el corte de la cuña, y esta cohesion hace el mismo efecto que si las partes del cuerpo estuviesen comprimidas por un peso que representa la resistencia.

La cuña es tanto mas favorable á la potencia, cuanto

mas estrecha es su cabeza ó mas aguda la cuña.

La resistencia que se pretende superar por medio de la cuña depende comúnmente de la tenacidad y cohesion de las partes que se quieren separar, y esta fuerza varia de muchos modos segun la naturaleza de los cuerpos, su conformacion, su figura, &c.

Cuerdas.

ARTÍCULO DIEZ Y SEIS. Las cuerdas son unos cuerpos largos, flecsibles, algunas veces sencillos, con mas frecuencia compuestos de varios ramales formados por una reunion de tramillas ó hilos de cáñamo que el cordelero tuerce mas ó menos.

Sabido es que las cuerdas son de un uso indispensable en el servicio de muchas máquinas, como son la polea, el torno, el cabrestante &c. Su rigidez y su peso es un obstáculo que debe entrar en cálculo de la resistencia.

Las cuerdas suelen considerarse de dos modos, como efectivamente son en la práctica, y tambien como perfectamente flecsibles, sin pesantez y reducidas tan solo á sus ejes.

Si las materias de que se hacen las máquinas fuesen perfectamente duras y lisas y las cuerdas tuviesen una perfecta flecsibilidad, la teoria del equilidrio que hemos sentido bastaria para contrabalancear una resistencia dada; pero sucede muy al contrario en el estado físico. Es casi imposible el calcular los frotamientos de las superficies unas con otras y la resistencia que ocasiona la rigidez de las cuerdas.

La tiesura ó rigidez de las cuerdas, nace principalmente de tres cosas.

- 1ª De la fuerza que estira la cuerda.
- 2ª Del grueso de la misma.
- 3ª De la cantidad que las hace doblar, es decir, del diámetro de las poleas ó cilindros.

Las maromas ó cables son de gran peso, por lo que se debe procurar hacerlos fuertes y durables. Como las pequeñas libras de que se compone una maroma son de poca

longitud, es preciso torcerlas unas con otras para alargarlas, que en lo demas se unirán casi paralelamente y saldrán mas flexibles. La firmeza que adquieren por esta torcedura es tan grande, que primero rompen que soltarse.

La torcedura disminuye la fuerza de las cuerdas, pues jamas levanta una sola lo que sus hilos separados levantan entre todos.

En efecto unos se estiran mas que otros, y asi el esfuerzo está desigualmente repartido entre ellos; asi se ve que unos empiezan á saltar antes que otros, y jamas la cuerda rompe de un golpe á no tener otro defecto.

Como las cuerdas penetradas de la humedad se hinchan y se encojen, se puede levantar un poco cualquiera cuerpo por pesado que sea, tomando una maroma á propósito, mojándola y eligiendo un punto fijo que sostenga el peso.

Las partículas del agua, penetrando por entre los hilos, son como otras tantas cuñas que las hacen ensancharse y encojerse por consiguiente.

LECCION XXXVIII.

DE LAS MÁQUINAS COMPUESTAS EN GENERAL:
EN PARTICULAR DE LA ROMANA COMPUESTA; DEL CRIC Ó GATO;
Y DEL TORNILLO INDEFINIDO Ó DE LA ROSCA SIN FIN.

Máquinas compuestas en general.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Se llama máquina compuesta, el agregado ó conjunto de varias máquinas simples que se emplea en el caso de no ser bastante favorable á la potencia una sola máquina sencilla.

Facilmente se hecha de ver que una máquina compuesta debe reunir todas las ventajas de las simples que la componen, y la suya debe ser igual al producto de todas las demas.

Aunque el número de máquinas compuestas puede ser indefinido, solo nos limitaremos á anunciar su ley general de equilibrio sin aplicacion á casos particulares.

Ley de equilibrio en las máquinas compuestas.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. En cualquiera máquina compuesta la relacion de la potencia á la resistencia, en el caso de equilibrio, se compone del producto de todas las relaciones que hay en cada una de sus máquinas simples.

Romana compuesta.

ARTICULO DIEZ Y NUEVE. Esta romana se emplea en algunos parages para pesar masas considerables, como son fardos grandes, carros cargados, &c.; cuando la localidad no permite alargar la romana ordinaria todo lo suficiente.

Para que haya equilibrio en esta máquina la potencia debe ser á la resistencia, como el producto de los brazos mas cortos de palanca es al producto de los brazos mayores.

Cric ó gato.

ARTICULO VEINTE. El cric ó gato es una máquina muy útil y las mas veces compuesta, que sirve para suspender con la fuerza solo de un hombre cargas considerables, como carruages &c.

El gato unas veces es simple, pero con mas frecuencia es doble ó compuesto.

El primero se compone esencialmente de una barra de hierro dentada por un lado y movable únicamente en el sentido de su longitud: los dientes de esta barra engranan con las alas de un piñon, al cual se hace dar vueltas por medio de un manubrio; toda la máquina se encaja en el grueso de una pieza macisa de madera de forma paralelepipedo.

El gato compuesto solo difiere del anterior, en que el piñon movido por el manubrio engrana en una rueda dentada, la cual tiene tambien su piñon fijo en el eje, y este es el que engrana en los dientes de la barra vertical.

Es evidente que esta segunda especie de gato debe pro-

ducir generalmente mayor efecto que el otro.

El gato sencillo se reduce al torno, y por consiguiente la potencia debe ser á la resistencia, como el rádio del piñon al rádio del manubrio.

El gato compuesto, en el caso de equilibrio, tendremos que la potencia es á la resistencia, como el producto de los rádios de los piñones es al de la rueda dentada por el rádio del manubrio.

Rosca sin fin.

ARTÍCULO VEINTE Y UNO. Nos valemós á veces en la maquinaria de la rosca sin tuerca para poner en movimiento una rueda dentada.

Por medio de esta máquina, que se refiere en parte á la rosca y en parte al torno, una potencia muy pequeña puede producir grandes efectos, como se deduce de la comparación de las velocidades respectivas de la potencia y de la resistencia en un caso particular.

Combinando las leyes de equilibrio que hemos hallado para el torno y la rosca, se demuestra de un modo general que, en el caso de equilibrio, en la rosca sin fin, la potencia debe ser á la resistencia, como el producto del paso de la rosca por el rádio del cilindro es al producto de la circunferencia del rádio del manubrio por el rádio de la rueda.

En varios instrumentos de matemáticas, de mecánica, de astronomía, de óptica, &c., se hace una aplicación muy útil del mecanismo de la rosca sin fin, con el objeto de comunicar movimientos circulares muy pequeños á algunas de las piezas que los componen.

En este caso se llaman roscas ó tornillos tangentes; y también roscas micrométricas cuando se destinan á divisiones circulares.

De todo lo espuesto se deduce, que se puede producir con una fuerza dada y las máquinas convenientes, todos los esfuerzos posibles; mas sin embargo, esta proposición solo es verdadera en la teoría.

CAPÍTULO X.

LECCION XXXIX.

DE LA NEUMATICA: PROPIEDADES GENERALES
DE LOS FLUIDOS ELÁSTICOS Ó AERIFORMES Y EN PARTICULAR
DEL AIRE.*Propiedades generales de los fluidos aeriformes.*

ARTICULO PRIMERO. Despues de haber tratado de las propiedades de que gozan todos los cuerpos de la naturaleza en sus diferentes estados, de sus leyes, movimientos, medios para servirnos de ellos con utilidad y sus ventajas, debemos ocuparnos de las que esclusivamente pertenecen á ciertos y determinados; pero antes daremos idea de los fluidos aeriformes, y de sus propiedades en general, para tratar en particular de la naturaleza y propiedades del aire.

Las moléculas de los cuerpos obedecen alternativamente á dos fuerzas contrarias; una repulsiva que resulta de la accion de la materia del calor: y otra atractiva producida por la atraccion ó afinidad mútua de estas moléculas, las cuales quedan en equilibrio entre estas dos potencias. En tanto que la atraccion es la mas fuerte, permanece el cuerpo siendo sólido, pero si la atraccion llega á ser la potencia mas débil, pierden su adherencia las moléculas, y el cuerpo cesa de ser un sólido. El agua nos presenta un ejemplo de estos fenómenos: por bajo del término de yelo, es sólida, y se le dá el nombre de yelo; por cima de este término es un líquido; y por cima de su grado de ebullicion toma el estado de vapor ó de gas, transformándose en un fluido aeriforme.

Otro tanto se puede decir de casi todos los cuerpos de la naturaleza, los cuales son sólidos, líquidos, ó fluidos aeriformes, segun la relacion que se halla entre la fuerza atractiva de las moléculas, y la fuerza repulsiva de la materia del calor.

Estos fenómenos son el efecto de un fluido muy sutil, que se insinúa entre las moléculas de todos los cuerpos, el cual es la causa del calor, y á lo que se llama calórico. De este modo es como se forman todos los fluidos elásticos aeriformes.

Por este orden un mismo cuerpo llega á ser sólido, líquido ó aeriforme, segun la cantidad de calórico de que está penetrado, ó segun que la fuerza repulsiva del calórico, es ó mas débil, ó igual, ó superior á la atraccion de sus moléculas. Pero si no hubiese mas que estas dos fuerzas, no permanecerian los cuerpos en el estado de líquidos sino á un grado preciso de calor; y pasarian aceleradamente del estado solido al estado aeriforme. El agua, por ejemplo, al dejar de ser yelo comenzaria á hervir, y se transformaria en fluido aeriforme; pero hay una tercera fuerza que se opone á este efecto, la cual es la presion de la atmósfera. Esta es la causa de que el agua se mantenga en el estado de liquidéz desde el término de su congelacion hasta su grado de ebullicion; pues que si se disminuye esta presion, hierve y se evapora mas pronto.

Demostrado como se forman los fluidos elásticos: definimos estos por todos aquellos que han tomado la forma del aire de la atmósfera, y que tienen su apariencia.

Los hay de dos especies: los unos son permanentes y los otros no permanentes.

Se llaman comúnmente gases permanentes aquellos cuerpos que conservan el estado de aeriforme, ó semejante al aire, en todas las temperaturas, y bajo todas las presiones. No permanentes ó vapores los cuerpos que, estando en forma de aire atmosférico, vuelven á tomar la de líquidos ó sólidos cuando la temperatura disminuye notablemente, ó cuando se les somete á una presion muy considerable.

Figura.

ARTICULO SEGUNDO. No es posible describir en los fluidos aeriformes la mas mínima fuerza de cohesion; de suerte que estos cuerpos aunque se hallen en muy corta cantidad

no pueden tomar como los líquidos la figura esférica: además, aun cuando tomasen realmente esta forma, no podríamos percibirla porque la mayor parte de ellos son completamente invisibles.

Los cuerpos aeriformes toman la forma de los vasos en que están contenidos; pero en virtud de su elasticidad difieren, aunque bajo este punto de vista, de los cuerpos líquidos: en efecto, si se echa en un frasco ó vasija purgada de aire un volúmen de agua menor que el que puede contener, se acomoda este líquido en la parte inferior del vaso cuya figura toma, y presenta una superficie plana y horizontal: pero si en el mismo vaso, vacío de aire se introduce cierta cantidad de un fluido aeriforme cualquiera, este fluido se estiende en toda la capacidad del vaso, y toma su forma en la totalidad, sin que jamás llegue á ser su superficie plana ni horizontal por sí misma.

Porosidad.

ARTICULO TERCERO. La porosidad de los fluidos aeriformes se prueba de un modo evidente por la facultad que tienen estos cuerpos de poder ser estrechados por la compresion, y reducidos á ocupar un espacio infinitamente menor que el que ocupan en su estado natural:

Impenetrabilidad.

ARTICULO CUARTO. La esperiencia diaria debe habernos enseñado que el aire es tan impenetrable como los cuerpos sólidos y líquidos. Vamos á esponer los experimentos comunes y diarios que nos atestiguan la impenetrabilidad del aire.

Cuando tomamos una tira de papel en la mano y la hacemos mover en el aire de un lado á otro, vemos que siempre se encorva en el sentido opuesto al del movimiento, lo cual anuncia cierta resistencia de parte del fluido que nos rodea.

Cuando en una botella vacía, como se dice vulgarmente, se quiere introducir un líquido por medio de un em-

budo que ajuste bien con el cuello de la botella, se oye un ruido particular ocasionado por el aire que sale de ella.

Tambien puede probarse la impenetrabilidad del aire por otro medio: si se sumerge un vaso ó una campana boca abajo en una vasija llena de agua, se nota que el líquido no se introduce en la cavidad, sino en una cortísima cantidad, porque el aire es sumamente comprensible.

Se puede probar del mismo modo la impenetrabilidad de todos los fluidos aeriformes, que se obtienen por diversos procedimientos en los laboratorios de química.

Los vapores son tan impenetrables como los gases permanentes.

Despues de haber probado en general la impenetrabilidad de los fluidos aeriformes, no será admirable la resistencia que oponen á todos los cuerpos que procuran atravesarlos. El aire como hemos dicho, es quien se opone á que todos los cuerpos adquieran la misma velocidad al caer de una altura cualquiera.

Si el agua que se arroja de una ventana se divide en gotas al caer, no es mas que un efecto de la resistencia del fluido invisible que nos rodea; y por ello la lluvia y la nieve llegan á la tierra en forma de gotas ó copos. Como estas gotas y copos caen ordinariamente de muy alto, nos sacudirian con gran fuerza si la resistencia del aire no las impidiese adquirir una aceleracion extraordinaria en su marcha.

Compresibilidad.

ARTICULO QUINTO. Si algunos cuerpos sólidos y los líquidos apenas dan señales visibles de compresibilidad, no sucede así con los cuerpos aeriformes que las dan tan evidentes que puede lograrse reducirlos á un volúmen infinitamente menor del que ocupan naturalmente.

Lo mismo sucede con todos los gases permanentes, y aun los vapores están en igual caso, siempre que su temperatura permanezca mas elevada que la que los produce, pues en otro caso se vuelven al estado líquido con mucha facilidad.

Elasticidad.

ARTÍCULO SESTO. La elasticidad se patentiza en los gases por las mudanzas de volúmen.

Hemos visto que la elasticidad de los cuerpos sólidos, y sobre todo la de los líquidos resulta de una especie de movimiento oscilatorio de las moléculas ó de una mudanza de forma; al contrario en los fluidos aeriformes, pues vamos á manifestar que su elasticidad jamas se manifiesta de otro modo que por medio de la mudanza del volúmen.

Comprimiendo el aire en un tubo se experimenta al momento una resistencia sumamente considerable producida por la tendencia del fluido á recuperar su volúmen primitivo, es decir, por la elasticidad de que está dotado, la cual es tanto mayor, euanto mayor es la condensacion.

Se ha empleado de muchos modos la fuerza elástica del aire comprimido, originando varias máquinas, unas útiles, y otras de pura curiosidad y adorno en los Gabinetes de fisica; tales son la Escopeta de viento: la Fuente de compresion: la llamada de Herón: el Ludion ó diablillo de Descartes; los Fuelles &c., cuyas descripciones pueden verse en las obras de fisica tanto antiguas como modernas, que tratan de semejantes fenómenos.

Hemos observado, que el aire comprimido tiene una fuerza elástica considerable, y que siempre se dilata hasta llegar al estado que tiene habitualmente á nuestro rededor, no manifestando al llegar á este punto mas elasticidad.

Pero ahora vamos á manifestar que el aire que nos rodea está tambien en cierto grado de condensacion, y no aguarda para manifestar su elasticidad mas que la ocasion de hallar un espacio ocupado por otro aire menos condensado; todo lo que se prueba por los multiplicados experimentos que se practican con las máquinas neumáticas á fin de probar distintas propiedades de que gozan los cuerpos.

Pesantéz de los fluidos aeriformes.

ARTICULO SEPTIMO. Al tratar de los cuerpos sólidos y li-

quidos hubiera sido superfluo probar experimentalmente que estos cuerpos son pesados, porque todo el mundo lo sabe, pero no sucede lo mismo con los fluidos aeriformes; pues es necesario probar que el aire y todos los demas, son pesados del mismo modo que los cuerpos sólidos y líquidos, puesto que hay pocas personas que hayan tenido proporcion de convencerse de ello, tanto que hasta el siglo 15 se negaba absolutamente su peso. A Galileo debemos el haberlo demostrado completamente pesando un balon de cristal lleno de aire, y despues el mismo vacio lo mas posible.

El mismo experimento puede hacerse con todos los fluidos aeriformes y vapores, convenciéndose por este medio de que todos ellos son pesados.

Usando siempre el mismo balon y haciendo entrar en él sucesivamente todos los gases que pueden obtenerse en los laboratorios, se notará fácilmente que estos cuerpos son de diferentes pesos entre sí, y que se tienen sus pesos respecto volúmenes iguales, por el experimento; si se toma por unidad el aire atmosférico, se tendrá la pesantéz especifica de todos ellos por medio de la proporcion.

Biot y Arago han determinado con sumo esmero los pesos específicos de los gases siguientes, á 0° de temperatura.

Aire atmosférico.	1,
Gas ácido carbónico.	1,524
Gas oxígeno.	1,1036
Gas azoe.	0,976
Gas ammoniaco.	0,596
Gas hidrógeno.	0,0688

A la temperatura de 100° el peso específico del vapor acuoso es de 0,51921.

Equilibrio de los fluidos aeriformes.

ARTICULO OCTAVO. Si se consideran los fluidos aeriformes como cuerpos pesados, cuyas partículas están dotadas de suma movilidad, se podrá en todo caso aplicar á ellos lo que hemos dicho sobre el equilibrio de los cuerpos líquidos. Pero debemos advertir que, ademas de la pesantéz, están

dotados los cuerpos fluidos aeriformes de la compresibilidad y elasticidad, y presentan algunas circunstancias particulares que examinaremos sucesivamente.

En virtud de la elasticidad, cualquier fluido aeriforme cuya densidad sea sensible, encerrado por todas partes en un vaso, hace continuos esfuerzos por dilatarse; por consiguiente ejerce sobre las paredes de este vaso de dentro á fuera, presiones que dependen de la densidad y tambien de la temperatura á que se halla dicho fluido. Mientras no se considere en los fluidos aeriformes mas que la elasticidad de que están dotados, las presiones que ejercen son evidentemente iguales en todos los puntos y direcciones: pero si se les considera como cuerpos pesados, la presion variará de un punto á otro segun la altura de la columna fluida que haya encima de cada uno de ellos.

Sin embargo como los fluidos aeriformes son generalmente muy ligeros, las variaciones no son perceptibles sino entre puntos muy distantes entre sí, de suerte que en los vasos que usamos la columna fluida es sumamente pequeña para que sea posible hallar la mas mínima diferencia de presion entre su parte mas baja y su parte mas elevada.

El efecto de la pesantéz es aquí el de hacer variar la elasticidad de la columna fluida desde su parte inferior á la superior. Consideremos los fluidos aeriformes como compresibles, y supongamos, para esplicarnos mas claramente, que la columna que observemos esté dividida en capas horizontales sumamente delgadas, la última capa que sufre todo el peso de las capas superiores debe hallarse en cierto grado de condensacion, todas las capas siguientes se hallan menos condensadas sucesivamente porque van sufriendo menores presiones; de consiguiente son menos elásticas.

Se puede decir en general que un fluido aeriforme encerrado por todas partes en un vaso pequeño, oprime igualmente todos los puntos de las paredes en razon de la elasticidad en que se halla, sin tener en consideracion las variaciones ocasionadas por la pesadéz.

Todo lo que hemos dicho de la presion de un solo fluido aeriforme encerrado en un vaso; y puesto en diferentes

grados de densidad, se aplica igualmente á las mezclas de los diferentes fluidos aeriformes: en efecto debe concebirse, que si en un vaso donde se halla cierta cantidad de un fluido aeriforme se introduce otro, no se hace mas que aumentar la densidad del primero, y por consiguiente su elasticidad.

Presion de la atmósfera en la superficie de la tierra y sus efectos.

ARTICULO NOVENO. Si la presion de la atmósfera sobre los diversos objetos que nos rodean y sobre nosotros mismos no es perceptible á nuestros sentidos, es porque obrando de todos lados se equilibra á sí misma. Por ejemplo, si un cubo de una materia cualquiera está suspendido en el aire, sufre sobre sus caras laterales presiones iguales y opuestas, que por consiguiente se destruyen. Por su parte superior sufre una presion de alto abajo, que en parte es destruida por la presion de bajo á alto, que se verifica en su superficie inferior. Pero esta presion inferior es algo mayor que la presion superior; porque la columna de aire que la determina es mayor en toda la altura del cubo; luego el cubo propuesto está empujado realmente de abajo á arriba por una fuerza que le hace perder una parte de su peso precisamente igual al peso del volúmen de aire que desaloja.

Si por un medio cualquiera se lograra sustraer el cuerpo á la presion de la atmósfera por una de sus caras, tendria que sufrir toda esta presion la cara opuesta: esto se observa exactamente en una campana donde se hace el vacío, pues desde las primeras emboladas se vé que la campana adhiere fuertemente al plano que la sostiene, y su adherencia es tanto mas fuerte, cuanto mas perfecto va siendo el vacío.

En vista de estos esperimentos quizá podria creerse que las adherencias que hemos reconocido entre los cuerpos sólidos y entre los sólidos y líquidos, son efectos de la presion del aire; pero para convencerse de que no es asi, basta colocar los cuerpos, asi juntos, bajo el recipiente neumático, y se obser-

va que para separarlos se experimenta la misma resistencia que al aire libre.

Los fenómenos que presenta el barómetro demuestran hasta la evidencia, la pesantéz de la atmósfera; pues por su medio medimos la presión que el aire ejerce sobre un punto cualquiera de la superficie de la tierra; cuya descripción y usos harémos al tratar de los instrumentos meteorológicos.

Otro de los efectos de la presión de la atmósfera, es la elevación del agua en las bombas, que obliga al líquido á elevarse en el vacío á cierta altura, como dijimos al explicar la teoría de las bombas en nuestra lección de Hidráulica.

Los efectos de los sifones intermitentes, de los catalicóres ó catavinos, los del embudo mágico, fuente intermitente natural ó artificial, son debidos sin contradicción á la misma causa, explicando sus teorías por los mismos principios establecidos.

LECCION XL.

DE LOS CUERPOS FLOTANTES EN LA ATMÓSFERA: MOVIMIENTO DE LOS FLUIDOS AERIFORMES EN GENERAL Y PARTICULAR: CHOQUE Y RESISTENCIA DE LOS MISMOS.

Cuerpos flotantes por su ligereza.

ARTICULO DIEZ. Los cuerpos que son específicamente menos pesados que el aire atmosférico, son también susceptibles de elevarse y flotar en medio de él, de lo cual tenemos en el día un ejemplo ya familiar en los globos aerostáticos, por cuyo medio se puede elevar cualquiera en los aires á una altura considerable.

Estos globos se componen de una gran bola, ó mas bien elipsoide de tafetan, que se llena de gas hidrógeno: una redcilla que envuelve al globo sostiene la navicilla ó barquilla que le acompaña, y una válvula de seguridad colocada en la parte superior deja salir el gas á medida que se

dilata al pasar por las capas de aire mas y más enrarecidas, y evita de este modo la rotura de la tela que podia ocasionar repentinamente esta dilatacion.

La primera máquina aerostática fué inventada por Montgolfier, de donde les vino el nombre de montgolfieras; pero estaban muy distantes de ser como las que acabamos de describir. Consistian en una ligera cubierta de papel ó tela abierta por la parte inferior, que terminaba en un aro que sostenia un hornillo encendido. El calor dilataba el aire encerrado en la cubierta, que desde luego se inflaba considerablemente, y adquiria en virtud de esto una ligereza específica, por lo cual se elevaba en la atmósfera, llevando consigo el hornillo y el combustible que le alimentaba.

Cuerpos flotantes por su estrema divisibilidad.

ARTICULO ONCE, Es preciso distinguir los cuerpos que flotan en la atmósfera por su ligereza específica, de los que solo están suspendidos momentáneamente ó por algun tiempo en el aire lo mismo que una materia súmamente dividida está suspendida en un líquido sin disolverse. El humo, las nieblas, el polvo &c., están en este caso.

El humo es un carbon súmamente dividido, y arrebatado fuera de los conductos de las chimeneas por la corriente de aire dilatado por el calor del hogar, que lo esparce despues por la atmósfera en forma de nube.

Siendo el aire dilatado por el calor menos denso que el aire ambiente, se eleva en las chimeneas con velocidad, arrastrando consigo gran parte de los productos de la combustion.

Apenas llega el humo fuera de la chimenea y de la accion de la corriente que le arrebatava, cuando se manifiesta su tendencia á precipitarse sobre la tierra; pero entonces el mas leve viento le dispersa, y ya no se vé lo que pasa con él. Sin embargo, parece evidente que al fin debe depositarse sobre la tierra, despues de estar suspendido mas ó menos tiempo. En efecto, se puede observar que despues de salir el humo de nuestros aposentos y hogares en tiempo de nevadas, la nieve que está esparcida sobre la tierra

al rededor de los pueblos grandes, tiene un sabor de hollín y aun muchas veces pardea por él.

El calor hace pasar los líquidos al estado de vapores que despues se mezclan con el aire atmosférico del mismo modo que los gases se mezclan entre sí.

Cuando la temperatura llega á disminuir en cualquiera punto de nuestra atmósfera, el vapor acuoso que se halla en ella procura volver al estado líquido; pero como las partículas de este vapor que están alojadas entre las de aire, sufren de parte de este fluido una oposicion á su reunion en líquido, se forman globulillos súmamente finos, separados unos de otros por una pequeñísima capa de aire.

De este modo se forman las nieblas y las nubes, que no son mas que montones de estos globulillos, que nadan en la atmósfera por mas ó menos tiempo hasta que al fin se depositan en la tierra en forma de rocío ó de neblina, ó se resuelven en lluvia.

Todo el mundo ha podido reparar las enormes polvaredas que levanta el viento en los caminos, esparciéndolas á alguna distancia por los campos. Ademas de este polvo que se presenta siempre á la vista de un modo evidente, y que no permanece mucho tiempo en suspension, porque sus partículas son muy groseras, flotan continuamente en la atmósfera una multitud de corpúsculos súmamente pequeños y sutiles como puede notarse muy bien en un cuarto donde penetre un rayo de Sol.

Se ha sorprendido, por decirlo así, á la naturaleza en el hecho en muchas circunstancias, pues se ven revoletear por el aire muchas veces semillas en forma de plumillas, como las de la lechuga, diente de leon, y otras con que suelen jugar los muchachos algunas veces. Se ven tambien gran número de simientes en grano, provistas de una especie de alas membranosas delgadísimas, como las de pino, olmo, &c., de tal modo que parecen estar dispuestas á propósito para dejarse arrastrar de los vientos que deben transportarlas en todas direcciones para servir á la propagacion de sus especies.

Movimientos de los fluidos aeriformes y sus causas.

ARTICULO DOCE. Se llama viento, á el movimiento de traslacion del aire, por el cual una cierta porcion de la atmósfera es llevada de un lugar á otro con velocidad mas ó menos grande que causa su fuerza, y en una direccion variable que hace darle diferentes nombres.

Los fisicos no están de acuerdo sobre la causa de los vientos; pero se cree que provienen de la falta de equilibrio producida las mas veces por el calor, que aumentando la elasticidad del aire, rechaza al que le está inmediato, y de este modo se rompe el equilibrio.

Para que una masa fluida aeriforme esté en equilibrio es menester que las densidades de las diferentes capas horizontales en que puede considerarse dividida, para racionar mas fácilmente, decrezcan en progresion aritmética partiendo de la capa mas baja. Si por una causa cualquiera se separa la densidad de una de ellas de esta ley, ya sea por mas ó por menos, se rompe el equilibrio que no puede restablecerse sino despues de varios movimientos.

Entre las causas que pueden hacer variar la densidad de las capas aeriformes, la mas importante y aun la única que puede producir grandes efectos, á lo menos respecto del aire, es la mudanza de temperatura. Si la accion del calor es continua en el mismo punto, se establece una corriente tambien continua afluente por debajo de la parte calentada, y refluyente por encima.

Si por el contrario el calor disminuye, la porcion sobre que se verifica este efecto se contrae y se hace especificamente mas pesada, dirigiéndose á las partes mas bajas; entonces las partes adyacentes se precipitan unas despues de otras en el vacio que dejan sucesivamente.

Las corrientes de aire que se establecen en nuestros hornillos, la mayor parte de los vientos que se notan en la superficie de la tierra, y otra multitud de efectos análogos son producidos por el aumento ó disminucion de calor en alguna porcion de nuestra atmósfera.

Los movimientos que resultan de ellos pueden com-

binarse en seguida con movimientos producidos por otras causas y formar corrientes constantes ó momentáneas.

Así es por ejemplo, como se producen los vientos alisios que soplan generalmente bajo el ecuador hasta 30° paralelo. Su direccion es contraria al movimiento de la tierra, es decir, que soplan de Oriente á Occidente, ó si se quiere del Este al Oeste: de aqui procede tambien el nombre de vientos del Este que se les ha dado.

Los vientos que conocemos mas generalmente son cuatro principales á saber: el viento del Norte: el del Sur: el de Este ú Oriente y el Oeste ú Occidente, nombres que traen su origen del de las cuatro partes del mundo de donde parece que soplan.

El viento del Norte ó Septentrion, es ordinariamente el mas frio, porque nos viene de los paises de la zona glacial.

El viento del Mediodia ó Sur, es el mas cálido porque viene de la zona torrida, pais mas cálido que el nuestro, y nos trae muchas nubes porque pasa sobre el Mediterráneo.

El viento del Oriente ó del Este, es el mas seco, por que nos viene del gran continente de Asia donde hay pocos mares.

Y el viento del Occidente ó del Oeste es el mas húmedo y nos da muchas veces lluvias porque nos viene del Oceano atlántico.

El torbellino, remolino ó uracan, cuyos tres nombres acostumbramos á usar, es producido por unos vientos impetuosos que en su camino encuentran nubes espesas que les sirven de obstáculo, las comprimen y hacen bajar sobre la tierra con ímpetu dando vueltas en forma de remolino.

Si cuando una máquina capaz de tocar á un tiempo un volumen de aire bastante grande se halla en movimiento en medio de una masa de este fluido en reposo, le determina necesariamente á moverse.

Así es, por ejemplo, que agitando un pañuelo en medio de un cuarto, producimos en el aire que encierra un movimiento que se hace sentir como un viento ligero. Cuando uno se pasea rápidamente en un aposento, hace

una mutacion de aire que produce la impresion de un viento fresco para los demas que se hallan en la misma pieza.

Esta circunstancia se nota sobre todo en el invierno: y asi es que no hay nadie que en esta estacion y en semejante caso, no se queje de otro diciéndole: usted me hace aire, ó viento.

Fundado en estos principios, se han construido varias especies de ventiladores de que nos servimos ya para procurar á una masa de aire metida en un lugar cerrado cierto movimiento que produce la frescura, y ya para renovar realmente el aire en estos lugares. Los ventiladores son útiles sobre todo en los hospitales, en las cárceles, en las galerías de las minas &c.

El Abanico es un ventilador demasiado conocido para detenernos á hablar de él. Ciertos ventiladores se componen de una rueda de volantes que da vuelta sobre un eje horizontal ó vertical. En diversos casos se han empleado corrientes de agua que arrastran tras si cierta cantidad de aire que conducen hasta el lugar en que se hace sentir la necesidad de su renovacion: tal es el efecto de las trompas de que se sirven en las minas; en otras partes el ventilador es un verdadero fuelle; y en fin en algunos casos se determina una corriente de aire dilatando en un punto el fluido por el calor, mientras puede entrar por el otro el aire fresco.

Choque y resistencia de los fluidos aeriformes.

ARTICULO TRECE. Todo lo que hemos dicho del choque y de la resistencia de los líquidos, puede aplicarse á los fluidos aeriformes con algunas pequeñas diferencias que dependen de la compresibilidad y de la elasticidad de que están dotados estos fluidos.

Teóricamente hablando, puede decirse que el efecto del choque del aire es proporcional á la densidad de este fluido, al cuadrado de su velocidad y á la superficie del cuerpo chocado.

La resistencia que opone el aire al movimiento de los cuerpos que le atraviesan, es proporcional á su densidad,

á la superficie del cuerpo en movimiento y al cuadrado de su velocidad.

Aunque sea el aire un fluido muy raro, sentimos muchas veces de una manera muy enérgica los efectos de su percusión cuando posee un movimiento un poco rápido. Todo el mundo oye hablar de los desastrosos efectos que produce el viento en algunas circunstancias: algunas veces vemos nosotros mismos ejemplos asombrosos de ellos. Vemos truncados los mas gruesos arboles, y arrancados de raiz, caídas las paredes y maltratadas nuestras casas ó habitaciones.

No siempre están animados los vientos de esta velocidad que les hace producir tantos estragos; en este caso experimentamos su influencia sobre la salubridad de los países en donde reinan periódicamente, y empleamos su fuerza impulsiva en diversos usos.

Todo el mundo sabe que la fuerza impulsiva de los vientos es la que nos conduce por medio de la vasta estension de los mares.

La fuerza del viento se ha empleado para comunicar el movimiento á diversas máquinas. Como vemos los molinos de viento usados en muchos lugares para moler los granos, y que se adapta á otros usos como para mover bombas &c.

El aire opone resistencia á los cuerpos que en el se mueven, como en los cuerpos líquidos la densidad es uniforme en todos sus puntos, la resistencia que oponen al movimiento de los cuerpos es constante; pero no es así en los fluidos aeriformes, pues la densidad varia desde la parte mas baja, en donde es el máximo, hasta la parte mas elevada, donde es nula.

Resulta de lo espuesto que un proyectil lanzado al aire, ó un cuerpo grave que cae de una altura cualquiera, corren sucesivamente capas de diversas densidades, y por consiguiente la resistencia que experimenta en los varios puntos de su curso, es muy variable.

La resistencia del aire es la que impide que un para- caídas de un globo aerostático desprendido de éste y abierto, baje despacio á la tierra venciendo por el peso adicto á él la columna de aire que se opone á su descenso: la re-

sistencia del aire disminuye la velocidad con que caería á la tierra la nieve, la lluvia, el granizo, y es la que hace que estos cuerpos nos hieran con mucha menos fuerza que la que nos heririan si cayesen en el vacío ó en un fluido mas raro.

Se emplea con frecuencia esta misma resistencia para moderar y arreglar el movimiento de las máquinas, de lo cual se tiene un ejemplo en el volante que tienen los asadores, que presenta al aire cierta superficie, y experimentando por este medio cierta resistencia, retarda y regulariza el movimiento del asador.

LECCION XLI.

DE LOS MOVIMIENTOS VIBRATORIOS DE LOS FLUIDOS AERIFORMES EN GENERAL Y EN PARTICULAR DEL AIRE: PRODUCCION DEL SONIDO: DE SU PROPAGACION Y DE LOS SONIDOS REFLEJADOS.

Movimientos vibratorios de los fluidos aeriformes: produccion del sonido.

ARTICULO CATORCE. Por sonido se entiende un movimiento de vibracion impreso á un cuerpo sonoro y comunicado ó transmitido por el aire al órgano auditivo y principalmente á la membrana del tímpano.

El aire y todos los fluidos aeriformes son susceptibles de entrar en vibracion y de producir en este caso sonidos mas ó menos agudos.

El aire se pone en vibracion por un golpe, por una explosion, cuando pasa con velocidad cerca de un cuerpo ó por una hendidura estrecha. En todos los casos se obtiene ruido ó silvidos.

Si el aire al pasar por una rendija estrecha fuerza á un cuerpo delgado á vibrar con él, el sonido que se obtiene se hace mas desagradable; esto es lo que sucede cuando teniendo una carta ó naipe entre los dedos pasa por los dos lados la corriente de aire que se produce soplando.

El aire puesto en vibracion es el que produce los so-

nidos en los instrumentos de viento y en el órgano vocal del hombre y de los animales.

Cuando simplemente se sopla en un tubo no hay sonido, porque entonces solo se hace un movimiento progresivo de aire. Para que se produzca un sonido, es necesario forzar al aire en un punto del tubo, por un medio cualquiera, á que haga vibraciones rápidas análogas á las que se hacen en los cuerpos sólidos que en seguida se propagan en toda la longitud de la columna.

Para que pueda el aire entrar en vibracion, es preciso que pase por entre dos láminas delgadas rígidas susceptibles de vibrar, como el estrangul ó pipa en el clarinete y el bajon, ó que se quiebre contra un corte en declive como en el silvato, ó bien que los labios, cerrándose mas ó menos, le pongan en vibracion como se hace en la trompeta y en el cuerno de cacería.

Los instrumentos de viento dan sonidos diferentes segun los diferentes grados de calor que aumentan ó disminuyen la elasticidad del aire. En consecuencia un instrumento de aire y otro de cuerda, pueden permanecer mucho tiempo acordes, porque las variaciones de temperatura influyen sobre ellos en sentido contrario.

Leyes de los sonidos en los tubos.

ARTICULO QUINCE. Los sonidos producidos por un tubo no dependen mas que de la longitud de la columna de aire, de su grado de elasticidad, y del modo de soplar, pues la naturaleza del tubo, el espesor de sus paredes, su diámetro y el modo de que está sostenido no influyen en nada sobre ellos. La diferencia de tono segun el tubo, es de madera, metal, cobre, &c.; parece depender del rozamiento del aire contra las paredes del tubo, ó quizá de una corta resonancia de las mismas paredes.

El sonido que se obtiene de un tubo está en razon inversa de su longitud, siendo iguales todas las demas circunstancias. Asi es que, variando un tubo de longitud se pueden obtener sonidos de diferentes géneros. Hay instrumentos cuya columna vibrante varia alargando ó acortan-

do el tubo arbitrariamente, y otros en los que se acorta ó alarga por medio de agujeros laterales tapando ó destapando estos mismos.

Los tubos pueden ser rectos ó curvos, sin que esto muda en nada la série de los sonidos que puede producir, por la razon de que el aire es igualmente elástico en todos sentidos.

Propagacion del sonido.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. El aire es el vehiculo ordinario del sonido. Un cuerpo vibrante comunica sus vibraciones al aire que le rodea, como hemos visto las comunica á los cuerpos sólidos y líquidos con quienes está en contacto. Por el intermedio del aire es por donde nos llegan ordinariamente los sonidos, como se prueba por medio de la esperiencia, pues interponiendo un espacio vacio entre el cuerpo sonoro y el oido, no se oye nada. Suponiendo que el cuerpo vibrante está sumergido en un medio aeriforme indefinido como es nuestra atmósfera, el sonido que produce, se propaga por todo su alrededor en una esfera, cuyo rádio es mas ó menos considerable.

Si se supone que la masa fluida está dividida por tabiques, de modo que la undulacion sonora no pueda propagarse libremente, se forman en todos los puntos donde haya soluciones de continuidad nuevas undulaciones que se extenderán en el espacio situado detras, poco mas ó menos como hemos visto en las olas de agua que se propagan en los estanques ó depósitos afluentes.

De este modo es como se propagan en nuestros aposentos los sonidos producidos en un patio ó jardin, y tambien como se oyen al pie de un cerro los sonidos producidos en la parte opuesta.

Aunque el sonido puede propagarse en una masa indefinida de aire, y á una distancia sumamente considerable, su intensidad disminuye á medida que el observador se aleja del punto en que se produce.

La intensidad del sonido está en razon inversa del cuadrado de la distancia del observador al lugar en donde está el cuerpo sonoro.

La distancia á la cual es perceptible el sonido transmitido por el aire, depende de la intensidad del sonido, de la direccion del viento y de las circunstancias locales.

Todo el mundo sabe que cuando el viento es favorable se oyen los cañonazos, el campaneó, &c., á distancias muy considerables, al paso que cuando el viento es contrario no se oye nada aun mas cerca del paraje donde se produce el ruido ó sonido. Se citan ejemplos de haberse oído los cañonazos á 30 leguas del punto en que se disparaban.

El aire puede comunicar como los cuerpos sólidos sus vibraciones á los cuerpos con quienes está en contacto. Para convencerse de ello basta hacer vibrar un cuerpo sonoro y aproximarle mas ó menos á una membrana tirante polvoreada con arena fina: se vé en algunos instantes moverse la arenilla sobre la membrana y colocarse de diversos modos formando líneas nodales de diferentes géneros, segun la naturaleza del sonido producido y los puntos de comunicacion.

Si se hace vibrar una cuerda al aire libre en presencia de otra cuerda de la misma especie de igual diámetro, y que tenga la misma tension, se verá á esta última ponerse en vibracion al momento y producir un sonido de todo punto semejante al de la primera ó unísono; lo cual no puede proceder de otra causa sino de la comunicacion del movimiento por el aire. No hay persona que no haya notado que cuando pasa un tambor por la calle los vidrios de los aposentos se ponen en vibracion.

Los sonidos se propagan á la vez en el aire, sin perturbarse mutuamente. Del mismo modo que hemos visto á las olas cruzarse en la superficie del agua, sin alterar su movimiento de modo alguno, se cruzan los sonidos sin perturbarse unos á otros. Lo que únicamente sucede es que los sonidos mas fuertes absorben los mas débiles en cierto modo, de suerte que no es posible percibirlos. Todos sabemos que el ruido de los coches, tambores, caballos, &c., absorbe de tal modo la voz humana, que no es posible oírse ni entenderse cuando pasan aquellos, por cerca que estén las personas unas de otras.

Velocidad del sonido en el aire.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. La velocidad con que se transmite está graduada en 173 toesas y segun otros 413 varas por segundo de tiempo, y la esperiencia ha acreditado que esta velocidad es uniforme y que la direccion del viento y la fuerza del sonido en nada la varian.

Por esta regla podemos calcular con bastante precision la distancia á que se halla de nosotros una nube de tempestad, pues graduando cada segundo de tiempo por una pulsacion, si en el acto que vemos el relámpago contamos las pulsaciones hasta que oimos el trueno (pues este y el relámpago son á un tiempo) y despues multiplicamos estas pulsaciones por 173 toesas ó 413 varas, tendrémus muy aproximadamente, ya que no sea exacta, la distancia á que se halla la nube de nosotros por el tiempo que ha tardado en propagarse el ruido.

Se ha notado que ni la lluvia, ni la niebla influyen nada sobre esta velocidad; que el viento podia acelerarla ó retardarla segun su direccion; y en fin, que variaba segun la temperatura, de suerte que en el verano es mayor que en el invierno.

El ruido se diferencia del sonido: en que el sonido es susceptible de armonía y valor musical ó tiempo, y el ruido carece de ambas cualidades. El sonido le producen las campanas, una cuerda mas ó menos estendida, un tubo, &c., el ruido, un cañon ó arma de fuego, cualquier choque de las armas blancas: un peso que cae &c. De modo que cuando las oscilaciones ó vibraciones son tan rápidas que no producen sensaciones distintas en el oido, entonces solo producen ruido.

La música solo trata del verdadero sentido que es susceptible de entonacion y medida, y hay que considerar en ella lo que se llama melodía y armonía: la melodía es la sucesion de varios sonidos unos despues de otros; y armonía es la verificacion de dos ó tres ó mas sonidos á un mismo tiempo.

Sonidos reflejados ó de los ecos.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. Cuando el sonido encuentra un obstáculo, tal como una casa, una pared, una roca, &c., el aire, que es perfectamente elástico, refleja el sonido y parece producir otro semejante que se llama eco que varia de direccion segun la disposicion del obstáculo, de forma que algunas veces la persona que habla no oye el eco, y otras se oye éste y no á la persona. Si encuentra muchos obstáculos á diferentes distancias, entonces cada obstáculo produce un eco, y asi es que hay unos ecos que repiten lo que se ha dicho tres, cuatro y aun mas veces.

Sucede que en unos casos hay ecos, y en otros resonancia.

Se puede facilmente observar que casi no es posible distinguir los sonidos á menos que no se pase $\frac{1}{10}$ de segundo de uno á otro, de donde se sigue que para que haya un eco, es necesario que el sonido reflejado no llegue á la oreja sino despues de $\frac{1}{10}$ de segundo cuando mas pronto; es decir que la distancia de ida y vuelta debe ser cuando menos de 100 pies, lo que pone á la superficie reflejante á 48 pies poco mas ó menos del lugar en donde es producido el sonido. Siempre que se halle mas cerca los sonos directos y los reflejados se confundiran en parte y solo habrá una resonancia.

Estas se dejan oir en los lugares cerrados poco espaciosos: muchas veces son incómodas para las personas que escuchan á un orador, pero pueden ser favorables al orador mismo sosteniendo su voz y dándola mas realce. Yo he notado que en una sala resonante se fatiga uno menos hablando, que al aire libre ó en una sala en que se ahogue la voz ya por la tapiceria ó ya de otro modo. Las resonancias son muy ventajosas en los lugares donde se ha de hacer música.

No siempre son las resonancias el resultado de la reflexion del sonido; muchas veces se deben á la vibracion de las paredes contra las cuales viene á apoyarse la onda sonora. Esto es lo que sucede por ejemplo cuando se habla

en un sombrero; si se aplica la mano sobre la cõpa, se sentirán las vibraciones de un modo muy enérjico.

Ecos monosílabos y polisílabos.

ARTÍCULO DIEZ Y NUEVE. Todos pueden observar que casi no es posible pronunciar mas de diez sílabas por segundo; es decir que de una sílaba á otra pasa $\frac{1}{10}$ de segundo. Por esta observacion se conocerá fácilmente como puede ser el eco monosílabo ó polisílabo. Si el observador se halla á 60, 5 pies de la superficie reflejante, no oirá mas que la última sílaba de la palabra que haya pronunciado, porque cada sílaba reflejada se confundirá con la siguiente pronunciada. Si la superficie que refleja se halla á dos vezes 60, 5 pies, serán repetidas distintamente las dos últimas sílabas; en general habrá tantas sílabas repetidas cuantas contenga el número 60, 5 pies entre la superficie que refleja y el punto en que se ha producido el sonido.

Ecos notables.

ARTÍCULO VEINTE. Se hallan ecos á cada paso, y sobre todo en los bosques y países montañosos. En varios puntos de Europa hay ecos súmamente notables; pero los que han sido visitados por hombres menos entusiastas se han hallado ser muy ecsajerados. No obstante, se hallan ecos que repiten cierto número de sílabas, tal como el del parque de Woodstock en Inglaterra, que repite 17 sílabas por el dia, y 20 por la noche, diferencia que puede provenir de que durante la noche el aire es mas frio, y tiene menos elasticidad, y por consiguiente la velocidad del sonido es menor.

Hay ecos que repiten el sonido muchas vezes, tal como el que se citaba en el castillo de Simoneta en Italia, que repetia el sonido hasta 40 vezes. Era producido por dos paredes paralelas en una de las cuales habia una ventana desde donde el que hablaba oía todos los ecos. En Verdun se cita otro eco análogo producido por dos torres que distan entre sí cerca de 177 pies, y colocándose entre ellas, se oye repetir una docena de vezes lo que se pro-

nuncia con voz fuerte. En Genelay cerca de Ruan hay un eco en que la voz se repite de diferentes modos muchas veces. En fin, hay ecos que repiten los sonidos con estrépito, otros con mofa, otros con acento dolorido, &c. Todo esto es debido puramente á circunstancias locales que es difícil señalar.

Construccion de las salas acústicas.

ARTICULO VEINTE Y UNO. Cuando se trata de construir estas salas en las cuales puedan oirse igualmente los sonidos desde todos sus puntos, es preciso guiarse por las leyes de la propagacion y de la reflexion del sonido. Debe antes saberse si la sala se destina solamente á oir la voz de un orador, ó si lo es para hacer música. En el primer caso será necesario muchas veces evitar las resonancias; en el segundo, por el contrario será preciso provocarlas, haciendo mas ó menos sonoras las paredes y para esto es muy útil cubrirlas de madera.

La mas mala de todas las formas posibles que pueden darse á una sala es la elíptica, porque la elipse tiene la propiedad de reflejar al segundo foco todo lo que es lanzado del primero, y lo mismo sucede con respecto á la reflexion del sonido; de suerte que en una sala semejante puesto el orador en un foco sea oído con fuerza ó perfectamente por una persona situada en el otro, pero muy poco por las demas situadas en todas las otras partes. Puestas dos personas en los dos focos de una elipse podrian tener en voz baja una conversacion seguida sin ser oídas de las inmediatas.

La forma parabólica parece ser la que mas conviene darse á una sala acústica. El Sr. Chladeni propone que se dé á una sala destinada á conciertos la forma de un cono ó de una pirámide. En este caso se situaría la orquesta en la parte superior, y el sonido se reflejaría de todas partes muy distintamente. Cita una iglesia en que la orquesta está oculta y situada de manera que no llegan los sonidos al auditorio sino despues de reflejarse por las paredes de la bóveda.

*Aplicaciones generales de estos fenómenos á los órganos del oído y de la voz.**Organos del oído.*

ARTICULO VEINTE Y DOS. Parece que la parte esencial para la percepcion del sonido es una pulpa gelatinosa en la cual vienen á abrirse las estremidades del nervio acústico; á lo menos esta es la parte mas constante en que se han descubierto los órganos del oído en diversos animales. Sin embargo hay un gran número en los cuales ni aun se ha hallado esta pulpa, y que no obstante dan pruebas nada equivocadas de que oyen,

La pulpa gelatinosa está encerrada en diferentes sacos ó cavidades rodeadas de diversas partes apropósito para reforzar ó fortalecer el sonido, ó impedirle que mueva con demasiada fuerza las fibras acústicas.

El número y la disposicion de estas partes, varían considerablemente en diversas especies de animales; su conjunto constituye la oreja.

Organos de la voz.

Los órganos de la voz solo se hallan en los mamíferos, las aves y los reptiles. No debe confundirse la voz con el ruido que producen ciertas especies de pescados ó insectos por la frotacion mútua de algunas partes de sus cuerpos.

La voz se forma del aire contenido en la cavidad del pecho. Este aire arrojándose fuera por los músculos de la espiracion llega á la estremidad alta de la garganta, y pasa por entre dos membranas estendidas; allí es donde se forman los sonidos que en seguida se modifican en las cavidades de la boca y de las narices. De la movilidad de la lengua y de los labios, depende la articulacion de las palabras. Esta estrema movilidad solo se halla en el hombre.

En este hace la concavidad de las narices mas que la boca para el adorno de la voz, que se hace sorda y des-

agradable en las reumas del cerebro ó cuando nos tapamos las narices. Por un error popular se llama á esto hablar con las narices, y precisamente porque no se habla con ellas es por lo que es desagradable la voz.

Los órganos de la voz son mas complicados en las aves que en los mamíferos, las láminas vibratorias están casi en el pecho. La traquearteria puede alargarse ó acortarse y cerrarse mas ó menos su estremidad superior; de suerte que hace verdaderamente el oficio de un instrumento de viento del género de la trompeta ó el cuerno de caza.

Ventrilocuos.

Hace muchos años que se habla de los ventrilocuos: se ven algunos de ellos que producen ilusiones súnamamente notables, lo que ha dado motivo á que se refieran sobre este particular los cuentos mas absurdos, y aun el nombre mismo de ventrilocu es un absurdo, pues que es imposible que la voz pueda en ningun caso salir del vientre, y si esto sucediese, no produciria todos los efectos maravillosos que se advierten. La mayor parte de los ventrilocuos son personas cuya garganta es muy movable ya por conformacion natural, ó ya porque desde niños se han acostumbrado á imitar las diferentes modificaciones de los sonidos que oyen, y por consecuencia, á imitar el de una voz que sale de una cueva, de un matorral, &c.

Se hallan respecto á esta materia muchos pormenores muy interesantes en una esposicion de los Sres. Hallé, Pinel y Percy, sobre una memoria presentada á la Academia por Montegre. Estos sabios hacen notar que la mayor ó menor capacidad del pecho, las diversas resonancias que se verifican en su interior y que se sienten muy bien cuando se aplica la mano sobre el pecho cuando se habla, contribuyen á dar á la voz unas cualidades particulares. Según esto para que un hombre ordinario pueda extinguir ó amortiguar su voz, modificarla de un modo capaz á hacerla tomar la apariencia de una voz distante, es necesario que contraiga y estreche su pecho. Citan respecto á esto el parecer del Doctor Lauth, que distingue dos especies de

ventrilocuos, en los unos la voz artificial en la garganta y simula especialmente la que vendria de los diferentes puntos de un cuarto, en los otros, la voz parece venir de lo interior del cuerpo y particularmente del centro del pecho, del vientre &c. El artificio de los primeros les fatiga poco; pero el de los segundos, que parece preparado por una larga y fuerte inspiracion, es muy penoso. Los ventrilocuos de esta última especie son los que realmente merecen el nombre que se les dá.

CAPÍTULO XI.

LECCION XLII.

DEL AIRE CONSIDERADO EN SÍ MISMO : DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE SOBRE LA ECONOMÍA ANIMAL.

Del aire considerado en si mismo.

ARTICULO PRIMERO. Dividimos los fluidos en dos clases: La primera comprende los que son vivificantes, esto es, aquellos que sirven y que son esenciales para la respiracion de los hombres y de los animales, y para la combustion de los cuerpos: tales son el aire atmosferico, y el aire puro ó vital llamado gas oxígeno.

La segunda clase comprende los que son sofocantes, es decir aquellos que no pueden servir ni para la respiracion de los animales, ni para la combustion de los cuerpos; tales son todos los demas gases.

Todos estos gases tienen todas las apariencias del aire; y tambien tienen muchas propiedades de él, tales como la trasparencia, la invisibilidad, la compresibilidad, la expansibilidad, y la elasticidad; siendo esta, sin duda la razon que tuvieron Hales, Boyle, Priestley, y muchos otros físicos, para dar á todos estos fluidos el nombre de aire. Pero como difieren mucho de este último por un gran número de otras propiedades, y sobre todo, porque son absolutamente incapaces de mantener la vida de los animales y la combustion de los cuerpos, se pensó, con razon, que

era preciso no confundirlos con el aire; y para espresarlos se adoptó el nombre de gas, (1.) que Vanhelmont y otros quimicos anteriores á Hales habian dado a aquellos de estos fluidos que eran conocidos en su tiempo, porque el conocimiento general de los gases es muy antiguo, como que es anterior á Paracelso.

Todos los fluidos elásticos están compuestos de una base, ya sea simple, ya compuesta, combinada con la materia del calor llamada calórico.

Bases de los fluidos elásticos.

ARTÍCULO SEGUNDO. El aire atmosférico que es un fluido permanente, pesado, muy compresible, muy elástico é invisible: rodea por todas partes el globo de la tierra al rededor de la cual forma una capa que conocemos con el nombre de atmósfera; está compuesto de dos fluidos elásticos simplemente mezclados entre sí, de los que uno es el aire, puro ó vital, llamado gas oxígeno, y el otro una mofeta llamada gas azótico ó atmosférico, y la proporcion en que se hallan estos dos gases es 28 partes del oxígeno y 72 del azoe. Asi la base del aire atmosférico está compuesta del oxígeno y del azoe.

La base del aire puro ó gas oxígeno, es el principio acidificante, sin el cual no hay ácido ninguno, y al que se le llama por esta razon oxígeno, es decir generador de los ácidos.

La base del gas azótico es, cuando está solo este gas, un ser incapaz de mantener la vida de los animales, y esta es la causa porque se le ha dado el nombre de azoe, es decir, privador de la vida. Es verdad que este nombre conviene tambien á todos los fluidos sofocantes; pero este es el mas comun, y el que nos rodea continuamente.

Fluidos elásticos vivificantes.

ARTICULO TERCERO. Estos fluidos son aquellos, que no

(1.) Palabra tomada de los hebreos, entre los cuales significa la impureza que se separa de un cuerpo.

solamente sirven, sino que son esenciales para la respiracion de los hombres y de los animales, y para la combustion de los cuerpos. Tales son el aire atmosférico, y el aire puro ó vital, ó gas oxígeno.

Aire atmosférico.

ARTICULO CUARTO. El aire atmosférico ha sido considerado largo tiempo como un elemento, como un ser de que todas las partes, semejantes entre si, eran simples é indiscomponibles. En el dia se tienen pruebas ciertas de que el aire atmosférico es un compuesto á lo menos de dos fluidos elasticos muy diferentes; á saber, del aire puro ó vital, fluido absolutamente esencial para la respiracion de los animales y para la combustion de los cuerpos, y de una mofeta llamada gas azótico, fluido en el cual se apagan inmediatamente los cuerpos encendidos, y quedan sofocados con prontitud los animales.

El primero de estos fluidos, el oxígeno, es destruido ó absorbido por la combustion de un cuerpo cualquiera, el segundo resiste á esta prueba.

Luego no hay en el aire atmosférico mas que cerca de una cuarta parte que sea propia para la respiracion y para la combustion, en tanto que las otras tres cuartas partes no lo son.

Examinemos ahora separadamente los dos fluidos que componen el aire atmosférico.

Aire puro ó vital llamado gas oxígeno.

ARTICULO QUINTO. El aire puro vital está compuesto de una base llamada oxígeno, combinada con una gran cantidad de la materia del calor ó de calórico. Esta base ha sido llamada oxígeno, es decir, generador de los ácidos, por ser el verdadero principio acidificante, principio sin el cual no hay ácido ninguno. Esta doctrina de los antiguos químicos y físicos, ha sido alterada en atencion á que los descubrimientos de la química moderna han sancionado la formacion de ácidos sin el oxígeno ó gas acidificante como lo llamaron los antiguos.

Este fluido es al que Pristley y muchos otros después de él, han llamado tan impropriamente aire deflojisticado.

Se puede estraer este fluido de varias sustancias; cuyos medios son propriamente del resorte de la química.

Tambien de las plantas verdes espuestas al sol con agua, y no de las flores ni de las raices como quiere Inghen-Houze; en cuya operacion descomponen el agua las hojas de los vegetales; absorviendo el hidrógeno, una de sus partes constituyentes y dejando desprender en el estado de aire puro al oxígeno, otra parte constituyente de este líquido.

La luz contribuye sin duda á esta descomposicion, pues que no se verifica sin su contacto, como lo ha probado Inghen-Houze.

El aire puro es un poco mas pesado que el aire atmosférico; pues que su peso específico es al del aire como 108, 35 es á 100, 00; y al del agua destilada, como 13, 3929 es á 10000, 0000. De modo que la pulgada cúbica de este fluido pesa medio grano, y el pie cúbico 1 onza y 4 drácmas. El aire atmosférico pesa menos que esto; pues que su peso específico comparado con el del agua destilada es como 12, 3609 es á 10000, 0000. De modo que la pulgada cúbica de este aire no pesa mas que 0, 4601 de grano; y el pie cúbico 1 onza 3 drácmas y 3 granos.

El aire puro sirve perfectamente para la respiracion, pues que los animales viven en él mucho mas tiempo que el que viven en una misma cantidad de aire atmosférico.

El aire puro es el único fluido que hay propio para mantener la vida de los animales. (1) He aquí la razon.

Para mantener la vida de los animales se necesita mas calórico; y el aire puro es el único que pueda proporcionarle; 1.º porque contiene mucho mas calórico que los otros fluidos elásticos; 2.º porque su base tiene una grande afi-

(1.) Un hombre consume, por un término medio un pie cubico de aire en cada hora: consume menos cuando esta en ayunas: mas cuando ha comido: aun mas cuando trabaja; y tanto mas cuanto mas trabaja.

nidad con el carbono y el hidrógeno, que no tienen las bases de los otros gases. Ahora una corta cantidad de hidrógeno carbonado se desprende de la sangre en los pulmones, luego el aire puro respirado se combina con estas dos sustancias, el hidrógeno y el carbono. Una parte de este aire, al combinarse con el carbono, forma abandonando una parte de su calórico gas ácido carbónico (esto puede mirarse como una verdadera combustion del carbono:) otra parte del aire puro se combina con el hidrógeno, y forma agua, abandonando todo su calórico, cuyas dos porciones de calórico abandonadas son las que mantienen el calor animal y la vida.

Aplicaciones de estos principios.

ARTICULO SESTO. 1^a La sangre arterial padece en las venas esta variacion de color, combinándose con una nueva cantidad de hidrógeno carbonado.

2^a La sangre venosa, al pasar por los pulmones vuelve á tomar el color rojo; porque cede al aire puro una porcion de su hidrógeno carbonado.

Pero pues que en la respiracion se desprende del aire puro una muy grande cantidad de calórico, parece que este fluido seria nocivo á los animales que le respirasen solo, durante un cierto tiempo, enrareciendo demasiado su sangre, y aumentando por esto la rapidez de su circulacion; lo cual podria darles una calentura ardiente; y ocasionar una inflamacion en los pulmones.

En la respiracion pierde el aire puro una parte de su calórico que se separa de él para el mantenimiento de la vida del animal; y este aire puro, despojado asi de una parte de su calórico, se convierte en gas ácido carbónico, combinándose con el carbono que se halla en la sangre y en los pulmones, porque para que el gas ácido carbónico tenga la forma gaseosa, no necesita de una cantidad tan grande de calórico como necesita el aire puro. De modo que lo que el animal respira, es gas azótico mezclado con gas ácido carbónico.

Hemos dicho que el oxígeno, es el único que sirve para el mantenimiento de la vida de los hombres y de los animales, y para la combustion de los cuerpos; y el azoe si

estuviera solo, nos sofocaria muy prontamente, y apagaría en el instante los cuerpos encendidos que se sumergiesen en él: es verdad que si respiráramos el oxígeno solo y sin mezcla, podría tambien hacernos perecer bastante pronto, por el calor ardiente que imprimiría en toda la economía animal.

Este aire tan puro, y tan propio para el mantenimiento de la vida, puede compararse con los licores espirituosos que son buenos en sí mismos, pero de los cuales se necesita hacer uso sobriamente.

LECCION XLIII.

CONTINUACION DE LOS FENÓMENOS QUE OFRECE EL AIRE CONSIDERADO EN SÍ MISMO.

El aire es un fluido pesado.

ARTICULO SEPTIMO. Hemos manifestado, que es el aire como todos los demas fluidos permanentes de esta especie, pesado, compresible, elástico, transparente sin color, invisible é incondensable en licor por el frio.

Tambien hemos dicho que era un fluido, cuya fluidéz es causada por la elasticidad que tiende siempre á dilatar la masa, y que conserva la movilidad respectiva de las partes.

Si el aire no fuese mas que compresible, podría formar un cuerpo duro, como le forma la nieve apretada fuertemente.

Probamos en las lecciones anteriores que el aire era un fluido pesado: veamos ahora de averiguar cual es su peso específico. Este peso específico es lo que pesa un cuerpo bajo un volumen conocido y determinado, como por ejemplo, una vara cúbica, ó un pie cúbico. El medio mas sencillo y mas seguro de conocer el peso específico del aire, es el siguiente.

Prepárese un globo de cristal de una capacidad un poco grande como dos cuartillos, guarnecido de una llavecilla, lo cual hecho se procurará conocer las cuatro cosas siguientes.

- 1.º El peso de este globo vacío de aire.
- 2.º El peso del agua destilada que puede caber en él.
- 3.º El peso del aire que pueda contener, y
- 4.º La capacidad de este globo.

Para indagar estas circunstancias, se necesita.

1.º Pesar con una balanza muy exacta el globo bien seco, y lleno de aire; y supongamos que pesa dos libras, 6 drácmas y 32, 32 granos.

2.º Pesar en un vaso una cierta cantidad de agua destilada; supongamos 51 libras, 1 onza, 6 drácmas y 1 grano.

3.º Llenar el globo de este agua.

4.º Pesar el agua que quede; supongamos que el peso de este restó de agua sea 10 libras, 4 onzas, 2 drácmas, 45 granos: luego el agua contenida en el globo pesa 40 libras, 13 onzas, 3 drácmas y 28 granos.

5.º Se necesita pesar el globo lleno de este agua; supongamos que pese 42 libras, 13 onzas, 3 drácmas y 28 granos, peso del agua que contiene el globo, queda 2 libras por peso del globo vacío de toda sustancia.

6.º Del peso del globo lleno de aire que hemos encontrado ser de 2 libras, 6 drácmas y 32, 32 granos, quítase 2 libras, peso del globo vacío, y queda 6 drácmas 32, 32 granos, peso del aire que contiene el globo.

7.º Nos queda que conocer la capacidad del globo. El peso de dos cuartillos de agua destilado, pesado en el aire á 5 grados por cima de la temperatura del yelo, es 2 libras, 5 drácmas y 26, 60 granos.

Si se divide ahora el peso del agua contenida en el globo igual á 376372, 0 granos por el peso de 2 cuartillos de agua igual 18818, 6 granos se tendrá 20 por cociente, que es el número de cuartillos que señala la capacidad del globo: luego esta capacidad es de 2 cuartillos.

Se han hecho estos experimentos estando el barómetro á 28 pulgadas, y el termómetro á 5 grados por cima de cero.

El aire es un fluido compresible.

ARTICULO OCTAVO. Se comprime por su propio peso, de modo que en un sitio bajo está mas comprimido y tiene mas densidad que en un sitio elevado.

Se le podria comparar con respecto á esto á unas cardas de lana ó de algodón. Supongamos que se hace quinientas ó seiscientas de ellas, todas de una misma longitud, de una misma anchura, de un mismo grueso, y de un mismo peso, y que se las coloca las unas sobre las otras; se concibe fácilmente que la que se halla debajo estará cargada con el peso de todas las demas; y que en consecuencia estará aplanada, tendrá un volúmen menor con la misma masa, y por consiguiente mas densidad: la densidad de la carda que se halla encima de esta primera será un poco menor, á causa de que estará menos cargada, y así de las demas á proporcion que se las considerará en sitios mas elevados.

Se debe concluir, que el aire comprimido disminuye de volúmen en la misma razon en que la compresion aumenta; y como la disminucion de volúmen es una verdadera condensacion, se sigue de aquí, que el aire se condensa en razon directa de los pesos con que está cargado.

Aplicado el calor á una masa de aire, produce sobre ella uno de estos dos efectos.

1.º Aumenta su volúmen, en caso que este volúmen tenga la libertad de poderse estender.

2.º Si la masa de aire está retenida por algunos obstáculos, de modo que su volúmen no pueda estenderse, aumenta su resorte el calor, y tanto mas cuanto mas grande es la presion que sufre la masa de aire.

De lo espuesto se sigue, que si se calienta un vâso lleno de aire se queda vacío en parte; cuyo medio es el que se toma cuando se quiere introducir un líquido en un vâso que tiene la boca tan pequeña que no permite la entrada al tubo de un embudo. Al calentar el vâso se enrarece el aire que contiene, con lo cual se le hace perder una parte de él: en seguida se sumerge el orificio del vâso en el

líquido; y á proporcion que el aire interior se condensa enfriándose, la presión del aire exterior introduce el líquido en el vaso.

De los principios establecidos se deduce, que el resorte de una misma masa de aire aumenta en cantidades diferentes, segun los diferentes grados de calor á los cuales se halla espuesta. Sobre este principio está fundada la construcción del termómetro de aire de Amontons, que es el primero en donde los grados de calor se refieren á un término conocido.

Es facil ahora conocer la razon por la cual el aire de una pieza calentada por medio de una estufa, aunque enrarescido por el calor hace no obstante equilibrio á la presión de la atmósfera; lo cual proviene de que el calor que disminuye la densidad del aire, aumenta al mismo tiempo su resorte, compensando el aumento de lo uno la disminucion de lo otro, de lo cual se tiene una prueba en los globos aerostáticos.

El aire que ha servido un cierto tiempo para la respiracion, no es ya bueno para el mantenimiento de la vida, porque como hemos dicho el aire puro, que es la única porcion de la atmósfera propia para la respiracion, se descompone en el pecho, y se convierte alli en gas ácido carbónico, que es un fluido sofocante. Esta es la causa de que cuando se hallan muchas personas encerradas en un sitio estrecho y ecsactamente cerrado, se respire en el con trabajo al cabo de poco tiempo; si no se tiene cuidado de abrir para que se renueve el aire. Asi mismo es muy comun el no poder respirar con facilidad en sitios grandes y abiertos por muchas partes, cuando hay en ellos mucha gente reunida, y muchas luces; por la razon de que cada persona gasta una porcion de aire bastante considerable en poco tiempo, y cada luz gasta sobre corta diferencia otro tanto como un hombre. Luego será muy acertado el renovar lo mas que se pueda el aire que se respira.

El aire, y principalmente el aire puro, es esencial para la combustion de los cuerpos; de modo que las materias mas combustibles no pueden inflamarse si no estan en contacto con el aire; y las que se hallan ya encendidas

se apagan prontamente si carecen de él, lo que proviene de que la combustion no es mas que una combinacion del oxígeno (base del aire puro) con el cuerpo combustible: luego si falta este oxígeno no puede verificarse la combustion.

El aire se aloja en los poros de casi todas las sustancias, sobre todo, en los que están mas abiertos y hacia la superficie.

Cuatro son los medios que hay para estraer el aire alojado asi en los poros de los cuerpos.

El primero es el calentarlos fuertemente; y el segundo el enfriarlos considerablemente: el tercero el tenerlos durante algun tiempo en el vacío; y el cuarto el disolverlos en algunos menstros.

Al calentar un cuerpo se hace salir, á lo menos en gran parte, el aire que está alojado en sus poros; por la razon de que aumentando el calor el volúmen del aire no puede este volúmen aumentado estar contenido en los poros, cuya capacidad no ha crecido proporcionalmente á la rarefaccion del aire: luego es preciso que salga una gran parte de él.

Haciendo enfriar considerablemente un cuerpo, se hace salir una parte del aire que está alojado en sus poros: todos los cuerpos que se enfrian se condensan: sus partes se acercan las unas á las otras, lo cual no puede suceder sin que los intersticios que se hallan entre sus moléculas lleguen á ser mas pequeños, y sin que sus poros se estrechen; y esto es lo que obliga á salir á una parte del aire que estaba contenido en ellos, asi como se hace salir el agua de los poros de una esponja mojada cuando comprimiéndola se acercan sus partes.

El aire que está alojado en los poros de los cuerpos se desprende de ellos cuando se pone á estos cuerpos en el vacío por algun tiempo.

El aire que está alojado en los poros de los cuerpos se desprende de ellos cuando se disuelve estos cuerpos en algunos menstros; desunidas y subdivididas por el disolvente las moléculas del cuerpo que disuelve, dejan libres y aisladas las partículas de aire que se hallaban entre ellas;

cuyas partículas se escapan con facilidad ; lo cual se vé claramente si se echa sal ó azúcar en un vaso lleno de agua ; pues que durante casi todo el tiempo de la disolucion están subiendo las bolas de aire ; en términos que algunas veces iguala su volúmen casi al de la sal ó azúcar que se ha hecho disolver.

Luego que se ha hecho salir al aire de los poros de un cuerpo , si se espone á este de nuevo al aire libre , vuelve á tomar mas ó menos prontamente el que ha perdido.

Se concibe fácilmente que un cuerpo purgado de aire , y espuesto de nuevo al aire libre debe ser considerado como una esponja apretada fuertemente , y que se aplica después á la superficie de un líquido ; pues que se sabe que en semejante caso se insinúa el líquido en los poros de la esponja : de la misma manera se insinúa el aire , ayudado sobre todo por la presión de la atmósfera , en los poros del cuerpo que se halla purgado de él.

LECCION XLIV.

DE LOS DIFERENTES FENÓMENOS QUE OFRECE EL AIRE CONSIDERADO COMO ATMÓSFERA TERRESTRE : DE SU INFLUENCIA Y EFECTOS.

El aire considerado como atmósfera terrestre.

ARTICULO NOVENO. En cualquiera sitio de la tierra en que nos halleemos encontramos aire por todas partes , sea en el clima que se quiera , ya sobre la cumbre de las mas altas montañas , ó yá en los valles mas profundos. Luego la tierra está enteramente rodeada de aire ; á cuya capa ó cubierta de este fluido es á lo que se llama atmósfera terrestre : esta atmósfera pesa hácia el centro de la tierra y sobre su superficie ; es llevada con ella participando de su movimiento diurno , y de su movimiento anuo ; y tiene mucha parte en el mecanismo de la naturaleza , en virtud de todas las propiedades que vamos á detallar.

La atmósfera es un fluido mezclado con una gran cantidad de sustancias estrañas. Cuando no tuviéramos un gran

número de hechos propios para convencernos de esta verdad, bastaria el raciocinio solo para conducirnos á ella; por ser una opinion generalmente recibida el que nada se aniquila de todo cuanto ha sido criado; y sin embargo, vemos todos los dias disiparse y desaparecer á nuestros ojos una ininidad de sustancias. ¿Que es lo que sucede con ellas sino pasan al aire? Los licores que se evaporan algunas veces hasta la sequedad, todas las partículas que vienen continuamente á herir nuestro oífato, abandonando las sustancias que las producen; todo lo que procede de los cuerpos que arden sea en llama, sea en humo; y en una palabra, todo lo que se exhala de la tierra y de las aguas, de los animales y de las plantas, entra en la atmósfera, y forma de ella un fluido cargado de exhalaciones y de vapores; y como en todos los tiempos y en todos los sitios no se encuentra siempre las mismas sustancias, debe variar su estado segun el tiempo y los sitios.

Debemos considerar la atmósfera bajo dos aspectos diferentes: 1º como un fluido en reposo, á lo menos respectivamente á nosotros; á causa de hallarse sus partes en un movimiento continuo, por el calor que las enrarece, por el frio que las condensa, por los vientos que las hacen mudar de sitio, &c.: 2º como un fluido agitado, del que ya hemos hablado estensamente.

La atmósfera considerada como un fluido en reposo.

ARTICULO DIEZ. Hemos probado que el aire es un fluido pesado: ahora, el aire es el que compone la atmósfera, luego la atmósfera es pesada: pero su pesantéz es lo mismo que la de un fluido ó la de un líquido, luego debe crecer ó disminuir segun la altura perpendicular de las columnas, y segun la latitud de sus bases.

En efecto, segun esta proporcion, es como obra sobre la tierra y sobre todos los cuerpos que se hallan en su superficie.

Hemos visto que el peso de la atmósfera es el que sostiene al mercurio suspendido en el tubo de Torricelli, ó lo que es lo mismo en el barómetro.

Ahora, cualquiera que sea la estension que se suponga á la atmósfera por cima de la superficie de la tierra, debemos creer que forma alrededor de nuestro globo una cubierta, cuya superficie es uniforme y sobre corta diferencia esférica, pues que todas sus partes tienden igualmente hácia el centro; del mismo modo que parece plana la superficie del agua, sea cual sea la figura que tenga el fondo del vaso que la contiene.

Siendo esto así, las columnas de aire, contando desde la superficie de la atmósfera hasta el sitio en donde se encuentran con la tierra, serán de mayor ó menor longitud segun lo mas ó menos elevado del sitio en donde terminan: luego las que terminan en el pie de la montaña tienen mayor longitud, y por consecuencia son mas pesadas que las que terminan en su cumbre; y esta es la causa de que estas últimas sostengan el mercurio á una altura menor que aquella á la que le sostienen las otras.

Pero como el aire de la atmósfera es un fluido compresible, y como se comprime por su propio peso, es claro que la atmósfera no tiene una densidad uniforme en toda su estension; y que las capas superiores, pesando sobre las inferiores, deben necesariamente apretar y condensar cada vez mas á estas últimas.

Pero esta proporcion no continúa mas allá de una media legua por cima del nivel del mar, porque á esta distancia de la superficie de nuestro globo, es el aire mucho mas puro, su resorte mucho mas libre y consiguientemente sus diferentes grados de densidad no dependen casi mas que de la presion de las capas superiores.

Seria un conocimiento interesante para nosotros el poder averiguar cual es la altura hasta adonde se estiende la atmósfera por cima de la superficie de la tierra: los físicos han trabajado bastante sobre este particular, el cual hubiera sido muy fácil de determinar, valiéndose para ello del barómetro, si el aire de la atmósfera fuera de una misma densidad en toda su estension, pero no lo es.

No seria esto tampoco nada difícil si conociésemos la progresion con que se dilata el aire á medida que se aleja de la superficie de la tierra, y que está menos cargado, pe-

ro acabamos de vér que no tenemos este conocimiento mas que hasta la altura de cerca de una media legua por cima del nivel del mar, y aun esto es sobre poco mas ó menos.

Por el valor de la presion de la atmósfera sobre una porcion dada de la superficie de la tierra, se ha pretendido conocer por este medio cual es el peso total de la atmósfera; pero despues de bastantes cálculos, ha parecido muy difícil y aun imposible el adquirir este conocimiento á causa de que exige preliminares que no tenemos.

Mas interesante nos es sin duda el conocer el valor de la presion que ejerce la atmósfera sobre la superficie de nuestro cuerpo, cuya presion aunque es súmamente enorme, la percibimos muy poco ó nada.

El aire atmosférico oprime nuestro cuerpo en todos los puntos de su superficie; mediante á que este fluido ejerce, lo mismo que lo hacen todos los demas, su presion en todas direcciones; asi el peso del aire que sostiene nuestro cuerpo, es idéntico al de una columna de aire, cuya base es igual á la superficie de nuestro cuerpo, y cuya altura lo es á la de la atmósfera. El peso de esta columna de aire es igual al de una columna de mercurio de la misma base y de 28 pulgadas de altura: segun lo cual, es fácil conocer el valor de esta presion sobre nosotros.

La presion tan grande del aire que sufrimos, es un bien para nosotros; pues que cuando subimos á las altas montañas, en donde esta presion es mucho menor, nos hallamos por lo regular incomodados en aquellas alturas.

Hemos dicho que la atmósfera es un fluido mezclado con una gran cantidad de sustancias estrañas que se elevan de la tierra al aire.

Todas las sustancias evaporables pasan al aire al tomar el estado de vapor, y se elevan en él por su ligereza respectiva.

Las materias que se elevan de la tierra al aire se dividen en dos clases: La una comprende todas aquellas que son de la naturaleza del agua: y en la otra lo son las partes salinas, grasientas, espirituosas, &c., á las cuales se dá el nombre de exalaciones.

Todas estas sustancias mezcladas ó modificadas diferentemente, toman diversas formas, y producen distintos fenómenos, á quienes se dá el nombre de meteoros, de los que tratarémos con la estension posible en aquella parte que conocerémos con el nombre de Meteorología.

CAPÍTULO XII.

LECCION XLV.

DEL AGUA EN GENERAL Y DE SUS PROPIEDADES EN PARTICULAR, CONSIDERADA EN SUS TRES ESTADOS DE LIQUIDÉZ, VAPOR, Y YELO Ó CONCRETO.

Del agua en general y de sus propiedades en particular.

ARTICULO PRIMERO. El agua es un licor muy fluido, insípido, sin olor, transparente y sin color.

Tal es la descripción del agua en su estado natural, y esta debe ocupar el lugar de una definicion verdadera, por la imposibilidad á que estamos reducidos de determinar con mas exactitud la naturaleza de esta preciosa sustancia.

La naturaleza del agua se halla bien conocida en el dia, pues está bien probado que el agua no es un cuerpo simple, sino que está compuesta de la base del aire puro, llamado oxígeno, y de la base del gas hidrógeno ó inflamable, llamada hidrógeno.

El gas oxígeno y el gas hidrógeno, se pueden obtener en su estado de pureza de diferentes sustancias; cuyos medios y conocimientos son esclusivamente del resorte de la química.

El agua es una sustancia conocida por los antiguos bajo el nombre de elemento por creerla indescomponible ó de una sola materia; pero en el dia, segun las observaciones hechas por los mejores físicos y químicos modernos, está demostrado es una sustancia compuesta de los principios oxígeno é hidrógeno.

Esta composicion del agua, y la inflamacion del gas

hidrógeno, esplicarán porque en un incendio el primer chorro de agua de la bomba, lejos de apagar el fuego, le reanima y le da fuerza en lugar de disminuir su intensidad.

Se vé igualmente porque el forjador echando un poco de agua en el fogon reanima la combustion lejos de apagarla.

Para que el agua pueda apagar el fuego es necesario que impida la combustion, es decir, que esta se coloque, que se interponga entre el oxígeno, y el cuerpo combustible.

Cuando el fuego es bastante violento para volatizar y descomponer el agua antes que esta produzca el efecto deseado, el hidrógeno que es muy combustible, y el oxígeno que entra en esta combustion como principio necesario, aumentan, aceleran y alimentan el incendio: si los bomberos se detuviesen al primer golpe de bomba, producirían un efecto contrario á aquel á que se dirigian; mas el segundo, el tercer golpe y los siguientes acumulan el agua con demasiada prontitud para permitir al fuego el descomponerla con la necesaria rapidéz; el oxígeno del aire no hallando ya paso para favorecer la combustion del cuerpo incendiado, el fuego se apaga.

No se puede dudar que el agua se compone y se descompone en una multitud de operaciones que la naturaleza y el arte nos presentan diariamente; y este grande descubrimiento esplica una cantidad de fenómenos, cuyas causas se ignoraban antes.

El agua es en general uno de los agentes mas universales de la naturaleza. Ademas de las necesidades comunes de la vida, para las cuales se la emplea regularmente, y que todos conocen, concurre á la produccion y mantenimiento de todos los entes. Privados de este elemento el hombre, los animales, los vegetales, el mismo globo terrestre, todo caminaria á una destruccion próxima é inevitable.

El agua dá á nuestros humores, y á los de todos los animales la fluidéz que les conviene, y que los hace propios para circular en los vasos mas pequeños. Combinada con los alimentos de que nos nutrimos, disuelve las partes sa-

linas de ellos, y las vuelve propias para hacer impresion, como conviene, sobre el órgano del gusto. Este es el vehículo de los jugos nutritivos que hacen crecer los vegetales: ella es quien dá á la tierra la fertilidad necesaria para el crecimiento de las semillas, y para la produccion de todas las sustancias vegetales de que está cubierta.

Tambien vemos algunas veces los terrenos mas áridos y areniscos, fertilizarse con el auxilio del agua que los riega y cubre con una costra negra, propia para el nutrimento de las semillas que se la depositan. Arrastra y lleva tras sí al seno de la tierra las partes de los minerales; los reúne y les suministra el gluten necesario para su reunion: suministra á las artes una multitud prodigiosa de ventajas: Es la parte mas dulce, fluida y sutil de nuestros humores y no conocemos licor alguno, que pueda suplir en su defecto.

El agua considerada físicamente se presenta en inmensas masas sobre nuestro Globo. La contenida en la vasta estension de los mares bastaria para cubrir la superficie de la tierra de una capa de mas de cien pies.

El agua se presenta bajo tres estados diferentes; en estado líquido: en el de vapor ó gas, y en el de sólido ó yelo, siendo el estado líquido el ordinario.

Queda manifestado que el agua ó sus partes constituyentes, entran en un gran número de producciones de la naturaleza, sin ella no habria vejétacion alguna: es la bebida de los hombres y de los animales, y esencial á las comodidades de la vida. Este fluido no es tan necesario como el aire, pues aunque no necesitamos del agua en todos los instantes, como nos sucede con aquel, nos seria imposible subsistir largo tiempo sin ella.

Nuestra atmósfera la contiene en estado de gas cuando está cargada de vápores húmedos; (1.) de la cantidad

(1.) El agua del mar, de los lagos y de los rios, se evapora espontáneamente en la atmósfera en donde la accion reunida del aire y del calor le hace sufrir una especie de destilacion. Elevada y transportada así, bajo la forma de nubes á todas las regiones de la tierra,

mayor ó menor de calórico con que está combinada depende el estado en que se presenta.

Cuando se forma el hielo hay desprendimiento de calor y por consiguiente calor producido: lo contrario sucede cuando el agua pasa al estado líquido.

La propiedad disolvente del agua, ó mas bien la grande atraccion que tiene con los cuerpos hácia los que la arrastra su natural corriente, la hace se cargue siempre de sustancias estrañas.

Agua considerada en estado de licor ó liquidéz.

ARTICULO SEGUNDO. El agua, considerada en su estado de liquidéz, participa de todas las propiedades que pertenecen en general á los líquidos homogéneos, y que hemos espuesto con bastante estension en la Hidrostática.

Es un licor transparente por el cual se pueden distinguir cuando es pura los cuerpos estraños puestos á una distancia bastante grande.

Pero apesar de esta liquidéz y transparencia, y de la facilidad con que este licor deja paso franco á los rayos de la luz, muchas veces les hace sufrir movimientos particulares que los apartan del camino que intentaban seguir. Hemos espuesto esto de un modo bastante dilatado hablando de la refraccion.

Por diáfana que se le suponga, refleja á pesar de esto una parte de los rayos incidentes que llegan á su superficie.

Aunque homogénea por su naturaleza y constantemente la misma, cuando se la despoja de todas las sustancias estrañas con que está aligada, digámoslo así, apesar de esto se distingue el agua en varias especies diversas, relati-

se precipita en lluvia, en nieve y en hielo, se filtra por medio de las tierras, se reúne en cavidades subterráneas, de donde sale para formar los manantiales, los lagos y los rios, como veremos bien pronto. Por medio de esta circulacion es como el autor de la naturaleza ha provisto á una de las necesidades mas esenciales.

vamente á los manantiales que nos la suministran.

De aquí la division de las aguas en seis especies particulares.

1.^a El agua de lluvia ó llovediza , con la cual se confunde la que proviene de la nieve y granizo.

2.^a El agua de fuente.

3.^a El agua de lagunas.

4.^a El agua de rio.

5.^a El agua de pozo y

6.^a El agua de mar.

La lluvia, antes de caer sobre la tierra, pertenecia á nuestro globo. Estos son vapores que se han subido á mayor ó menor elevacion en la atmósfera, que se han condensado en ella en parte por el frio que han experimentado, en parte, por el concurso de los nublados, y que se han reunido suficientemente unos á otros para formar las moléculas del agua, y convertirse en lluvia; sucediendo lo mismo con la nieve y el granizo. Específicamente mas pesado que el aire que la contiene la nieve ó granizo, se precipita hasta la superficie de nuestro globo, y trae consigo la forma que ha recibido, cuando las regiones inferiores de la atmósfera que se vé precisada á atravesar, no están suficientemente calientes para deshacerla y reducirla á lluvia, como sucede con bastante frecuencia.

Habiendo llegado la lluvia á la superficie de la tierra, la penetra mas ó menos profundamente: corre desde los sitios mas altos hacia los mas bajos; y si al pasar encuentra grietas ó aberturas que la dan salida, entonces salta y produce fuentes.

Filtrada por las capas de la tierra, y reunida en concavidades profundas que la cercan, forma entonces lagunas y pantanos.

Del concurso de estas aguas nacen comunmente los rios.

Estos dan origen á las aguas de los pozos que suministran á profundidades mas ó menos considerables, atendida la posicion del paraje donde se cavan, y todas aquellas cuyo desagüe es libre, van á perderse y reunirse en un depósito comun conocido bajo el nombre de mar.

Las aguas de que usamos con mas frecuencia, y que destinamos tambien á nuestra bebida comun, no son ni mas puras ni menos cargadas de partes heterogéneas.

No obstante hay otras varias aguas que conservan igualmente su transparencia, pero que participan de un sabor particular y propio de las sustancias que encierran.

Estas se conocen bajo el nombre de aguas minerales, y de aquí la division en dulces y minerales, colocando el agua del mar entre las últimas.

Ademas de las propiedades generales que pertenecen á cualesquiera aguas como lo acabamos de observar, cada una tiene cualidades particulares que dependen de los cuerpos estraños con que se halla combinada. No hay ninguna que sea perfectamente pura y homogénea.

El agua llovediza, que se mira generalmente como la mas pura de todas, está cargada por precision de las sustancias estrañas que encuentra y barre atravesando las capas de la atmósfera. De aquí resultan aquellas cualidades variadas que se advierten en ella, recojida en distintos parajes y tiempos.

Lo que decimos del agua llovediza debe entenderse igualmente del agua de nieve.

Sin embargo esta última es mas pura, sobre todo si la nieve que la ha producido ha sido recogida en un sitio muy alto.

El agua no puede ser condensada, aun por las mayores fuerzas; pero es compresible, aunque sea poco sensible esta propiedad: lo que se demuestra por la experiencia.

El agua es en general el vehículo de todas las sustancias petrosas: sin embargo se separa de ellas fácilmente, y por este medio se procuran la libertad de reunirse, y producir los efectos que acabamos de indicar.

Aunque se puede dar hablando con propiedad, el nombre de aguas minerales á todas aquellas que acabamos de indicar, respecto de que todas contienen algunas partes estrañas, sacadas del reino mineral, el uso solo ha destinado este nombre á ciertas aguas particulares de que se usa en la medicina, en virtud de las propiedades que adquieren por sus combinaciones con las partes heterogéneas que

acarrean. Se las distingue comúnmente en aguas frias y calientes.

Se colocan en la primera clase todas aquella cuyo temperamento no escede al de la atmósfera.

Las calientes, llamadas mas comúnmente aguas termales, tienen todas un temperamento mas cálido que el de la atmósfera: este exceso de calor varia en ambas, y algunas veces se acercan al término de la ebullicion del agua.

De cualquiera especie que sean las aguas minerales, se las distingue tambien por razon de los principios predominantes que se descubren en ellas.

En general se sigue de todo lo que acabamos de hacer observar sobre la diversidad de las aguas, que no hay una que sea pura, que todas contienen una cantidad mas ó menos abundante de sustancias estrañas, que la mayor parte se combinan con ellas por razon de su disolubilidad y afinidad. Se sigue tambien que no se pueden conocer hasta cierto punto, y suficientemente, para juzgar de lo saludable del agua que se quiere destinar para la bebida comun por los procedimientos que marca las análisis químicas.

Si toda especie de agua, cualquiera que sea, contiene una cantidad mas ó menos abundante de sustancias estrañas y de distintas especies, se sigue precisamente que su gravedad específica debe variar, y esto sucede efectivamente.

A pesar de las vâriedades que se pueden observar y que diariamente se advierten en la gravedad específica del agua, los fisicos la consideran como 800 veces mas pesada que el aire; pero se concibe con facilidad que esta relacion no es ni absolutamente exacta, ni constante: este es un termino medio que nos hemos convenido en admitir en la fisica. Sin embargo algunos, como Halles, Boyle y otros varios, expresan esta gravedad media por una razon mayor.

El primero pretende que la gravedad específica del agua es á la del aire, como 840 es á 1.

Boyle asegura que estas gravedades específicas siguen entre sí la razon de 814 á 1; pero estos dos resultados distan muy poco del que está recibido mas universalmente, para no atenernos á él.

Otras muchas cualidades ofrece á la consideracion del fisico esta preciosa sustancia de la naturaleza, y de que tratan con la mayor estension las obras de fisica y química, tanto antiguas, como modernas.

Agua considerada en estado de vapor, causas, propiedades y usos.

ARTICULO TERCERO. El agua encerrada en una vasija, como por ejemplo, una cafetera, y espuesta á la accion del fuego, adquiere sucesivamente distintos grados de calor que la conducen á la ebullicion y evaporacion. Se dilata hasta aumentar su volúmen de 0, 361, pasando del término de la congelacion al del agua cociendo, y se advierten á medida que se aumenta su temperamento, fenómenos particulares que el fisico debe comprender y conocer.

Cargada de aire, interpuesto entre sus moléculas, se escapa este de un modo mas ó menos perceptible. Comienza á calentarse, y á tomar un temperamento algunos grados mayor que el de la atmósfera, se vé formar á este aire globulos pequeños, transparentes y adherentes á los costados interiores de la vasija. Empujados de abajo á arriba por la materia del fuego que penetra la masa de agua, é intenta levantarse á la atmósfera, estos glóbulos llegan á reventar en la superficie del agua, y este fenómeno subsiste hasta que el calor del agua se haya aumentado mucho mas: entonces suben estas bombillas con mucha mas prontitud, y con especialidad si se llega á menear la vasija, y la masa de agua resulta mas homogénea y diáfana.

Cuando está cargada de materia ignea, cuanta puede contener, la que continúa agregándose se escapa, y levanta la superficie de este líquido, bajo la forma de olas pequeñas bastante irregulares; y entonces es cuando comienza á cocer: hallándose reducida á ebullicion, ha adquirido entonces todo el calor que puede; de lo cual nos podemos asegurar, metiendo en esta agua la bola de un termómetro de mercurio.

El agua, espuesta á la accion del fuego, produce antes de cocer, un sonido que al principio es muy agudo, re-

salta cada vez mas fuerte , á proporcion que se calienta el agua , y por lo regular lo es mucho cuando principia á cocer.

A medida que una masa de agua se calienta por la accion del fuego que la penetra , no solamente toma esta mas estension , como lo hemos observado , sino tambien las partes que estén en su superficie , se dilatan , se separan unas de otras , se volatilizan , y suben á la atmósfera bajo la figura de vapores mas ó menos abundantes.

Estos no son distintos del agua que los suministra : son , si podemos esplicarnos de este modo , las partes integrantes del agua , separadas y aisladas unas de otras , y reducidas á su menor grado de pequeñez. Reunidas por un proceder cualquiera , pero especialmente recogidas en una vasija fria , se juntan y forman naturalmente gotas de agua que corren por sus costados. No son , pues , de otra naturaleza distinta de la del agua que las suministra , y esta no padece descomposicion alguna , ni alteracion por su evaporacion : al contrario , se purifica por este medio de la mayor parte de los cuerpos estraños que contiene , y que son demasiado fijos para subirse con estos vapores.

A pesar del peso de la atmósfera que se opone á la expansion del agua que se reduce á vapores , estos se dilatan sin embargo hasta términos de ocupar un espacio catorce mil veces mayor que el que ocupa el agua naturalmente , mientras que está bajo la forma de licor. Este es un hecho sobre el cual están acordes todos los fisicos , y se ha confirmado varias veces por esperimentos y observaciones incontrastables.

Luego el agua adquiere por este medio una fuerza expansiva , una elasticidad prodigiosa y capaz de producir efectos estraordinarios.

A proporcion que el agua tomada en el temperamento del hielo , llega con mas prontitud al término de la ebullicion , mas breve se evapora.

De cualquiera modo , que se evapora el agua , se puede aumentar su grado de resorte , y su facultad expansiva , y hacerla producir efectos mas ó menos sensibles , encerrando este vapor , ó bien deteniéndolo en un espacio dado.

Cuanto mas resistirá á su expansion, el espacio en que estará detenida, produce mayor efecto.

No hemos hablado hasta ahora sino de los vapores exitados por el efecto de un fuego artificial que se aplica al agua, esto es, por la accion de un fuego producido por las manos del arte, pero el agua espuesta solo al temperamento del aire, se evapora igualmente aunque de un modo sin comparacion menos sensible, á esta evaporacion natural es á quien debemos todos los meteoros acuosos de que hablaremos despues.

El agua corriente de los rios se evapora mucho menos que la dormiente de las lagunas y pantanos; y el Baron de Verulamio fué el primero que hizo atencion sobre este fenómeno, cuya razon se presenta naturalmente á la imaginacion.

Apenas es posible reducir á un cálculo bien exacto la cantidad de vapores que suben de las aguas, sean corrientes ó estantes.

Si añadimos á la cantidad de vapores levantados de las aguas que cubren la superficie de nuestro globo, todas las que puede suministrar la transpiracion de los animales y vegetales, lo que produciria tambien una cantidad inconcebible de vapores, se inferirá que la atmósfera está cargada continuamente de partes acuosas que se ocultan por su pequeñez á la perspicacia de nuestra vista, pero que no obstante esto, influyen mas ó menos sobre los cuerpos que toca y penetra el aire.

No podemos dudar que el aire no esté siempre cargado con una cantidad prodigiosa de moléculas pequeñas acuosas. Pero la facilidad con que penetran las moléculas del agua la mayor parte de los cuerpos, y con especialidad las fibras animales y vegetales debe influir precisamente sobre la constitucion del aire, y hacerlo mas ó menos saludable. Con efecto se sabe que el agua dulce reducida á vapores, excita la corrupcion de las sustancias animales y vegetales que se hallan espuestas por mucho tiempo á su accion. Todos los médicos están tambien acordes en esto, y convienen en que un aire húmedo y caliente es mal sano, y capaz de producir enfermedades de la naturaleza de las pútridas.

Hemos manifestado, que cuando el agua pasa del estado líquido al de vapor, aumenta de volúmen y viene á ser un fluido muy elástico que el calor dilata mucho y al cual hace ocupar un espacio de 12 á 1400 veces mayor que el que ocupaba en el estado líquido. Si el agua es retenida por obstáculos, hace grandes esfuerzos para vencerlos; y por esta propiedad es por lo que se han construido las bombas llamadas de fuego, donde el vapor levanta un peso de mas de cuarenta y tres mil libras.

Tambien se aplica la fuerza elástica del vapor para procurarse el movimiento de diversas máquinas, que generalmente se las llama máquinas de vapor, y últimamente se ha hecho estensiva esta aplicacion á los buques; experimentándose en todas estas máquinas prodigiosos efectos de ahorro de fuerzas y de brazos. Tambien se han aplicado á los coches y carruajes, pudiendo transportar cargas considerables, ó mas bien arrastrar tras sí un número mayor ó menor de carros ordinarios cargados de mercaderías ó de diversos objetos.

En fin, una vez adquirida la fuerza, y por un aparato muy poco voluminoso, es claro que puede emplearse en cualquier uso que sea.

Agua considerada en estado de hielo, causas, propiedades y usos.

ARTICULO CUARTO. El agua, espuesta á cierto grado de frio, pierde su liquidéz, y se convierte en una masa mas ó menos sólida, que se llama hielo.

Esta operacion presenta varios fenómenos que el fisico debe seguir con atencion.

El agua comienza á helarse por hilitos de hielo que se advierten en su superficie. Estos por lo regular tocan por uno de los extremos á los costados de la vasija. Casi todos están distintamente inclinados sobre dichos costados y forman ángulos mas ó menos abiertos, pero rara vez rectos. Despues se unen otros hilitos á los primeros, que les están diversamente inclinados, y así sucesivamente hasta que resulta un primer tejido de hielo, que se vuelve cada vez.

mas grueso á proporcion que continúa ó se aumenta el frio.

Estos hilitos se presentan bajo distintas figuras. Sin embargo la mas comun es la de ojas de arboles, ó de distintas partes de ellas.

A proporcion que se acerca el agua á la congelacion se hace en su interior una especie de ebullicion, con motivo de las moléculas de aire que salen de ella, ó se desprenden de entre los intersticios del agua. Este aire dividido, se reúne bajo la figura de bolitas mas ó menos gruesas hácia el centro y eje de la vasija, que hácia las orillas y superficie del hielo; pero son muchas mas hácia el fondo y partes inferiores, de donde parece parten algunas veces, y penden por una cola que presenta bastante bien una lágrima, cuya cabeza está vuelta hácia el eje.

En una vasija profunda y angosta, el medio de la superficie del hielo está por lo regular mas alto que las orillas; porque el aire que se junta hácia el eje y fondo, se halla en ellos en tanta cantidad, que tiene no solamente la fuerza de volver á subir, sino tambien la de romper muchas veces la primera capa de hielo que se habia formado sobre el agua.

Tales son los fenómenos que se advierten tranquilamente cuando el temperamento del aire no está muy alterado. Pero si se aumenta el frio, y esto sucede de repente, apenas hay tiempo de percibir todas estas mudanzas. Se suceden con prontitud unas á otras: las bolas de aire están esparcidas en toda la masa, y la vasija se rompe las mas veces por la expansion de hielo.

La fuerza con que se dilata es tal, que un volumen de agua que llena un globo, cuya cavidad tuviese una pulgada de diámetro, se dilata por su congelacion hasta llegar á equilibrar un peso de veinte y siete mil, setecientas ochenta libras.

No nos debemos, pues, admirar, del efecto que refiere M. Huyghens.

En el año de 1667 el invierno fué muy fuerte, y se aprovechó de aquel tiempo para hacer el experimento siguiente.

Llenó de agua el cañon de una escopeta: hizo soldar

uno de los dos extremos, y cerró el otro con un tornillo muy apretado, y para no dejar salida ninguna al aire, le echó encima plomo derretido. Espuso todo esto por la noche en una de las ventanas de su cuarto, cuando helaba muy fuerte. Acerca de las siete de la mañana el cañon se reventó con esplosion, y se halló en el paraje donde era menos grueso una abertura de cuatro pulgadas de largo, por la que salió el hielo, sembrado por dentro de varias bombillas pequeñas.

¿No vemos muchas veces en el tiempo en que se apodera la helada de la tierra, cuando está húmeda, que el hielo levanta las guarniciones de las puertas, las paredes, y las mismas casas? ¿No sabemos que los acueductos espuestos á la helada se desgastan mas á menudo, y están sujetos á mayores reparos? ¿No hemos observado muchas veces que si se emplean en la construccion de una casa vigas que estén todavia verdes y húmedas, y que se hallen espuestas al hielo, se abren y saltan con estruendo? Pasemos, pues, á la Laponia, y á la América Septentrional, y observaremos allí que apoderándose la helada de los árboles, los hace abrir y producir por su rotura estallidos semejantes á los de una arma de fuego.

Puede, pues, asegurarse que el agua, considerada como potencia mecánica, no la cede á ninguna otra en cualquier estado que se la considere. Cuando está simplemente líquida, humedece, penetra é hincha con fuerza las fibras disecadas de los vegetales. Cuando está reducida á vapores se sabe y está demostrado que produce efectos; cuya intensidad es casi inapreciable.

Finalmente cuando está convertida en hielo se vé por el experimento de M. Huyghens, y por las otras observaciones que hemos referido que tampoco no le cede en nada en cuanto á su fuerza á la que puede ejercer en los otros dos estados á que es fácil reducirla.

De cualquiera modo que se forme el hielo, siempre se advierte, que es específicamente menos pesado que el agua. Su gravedad específica, comparada con la de aquella, está por lo regular en la razon de 8 á 9.

El hielo espuesto al aire libre, y aun en el tiempo de

la helada mas fuerte, se evapora continuamente; y este es un hecho que no se habia ocultado á las observaciones de los naturalistas mas antiguos, y todos los que han estudiado los fenómenos de la congelacion, aseguran la verdad de este hecho.

No solo se evapora, sino que tambien aumenta de volumen, y las bombillas de aire que se hallan sembradas en él, aumentan de tal modo de dimensiones, que una bombilla que solo aparentaba tener una ó dos líneas de diámetro, parece algunos dias despues bajo un volumen cuádruplo.

La fuerza del hielo se deduce de la resistencia que opone á romperse, y esta nunca es mayor que cuando aquel es mas compacto.

Conocidos bien los fenómenos del hielo, resta saber la causa que los produce, y que determina al agua á pasar del estado de liquidéz á uno concreto; cuya causa en sentir de los célebres fisicos del dia, es debida á la ausencia del calórico, es decir; al enfriamiento ó congelacion; mas los antiguos, las redujeron á la condensacion ó rarefaccion.

Los que consideran el hielo como un licor condensado, hacen depender esta condensacion de la reunion de las partes del agua, ocasionada por la privacion de una materia naturalmente interpuesta entre sus moléculas, y en este principio general es en el que se hallan conformes las distintas hipótesis de esta especie.

Descartes pretende, que es la materia de su segundo elemento.

Otros como Regis y Duhamel, sostienen que es la materia sutil.

Boerhaave quiere que el agua nunca esté sin fuego, y que aun contenga una gran cantidad. Si la cantidad de este fuego disminuye, á términos que el termómetro metido en este agua, solo se halla á los 32 grados de la escala de Fahrenheit, entonces el agua deja de ser líquida, y se convierte en hielo. Tambien pretende este célebre fisico que el agua en su estado natural, es una especie de vidrio que se funde á los 36 grados de calor. Hartsoeker es tambien de este dictámen; pero Sgravesand añade aun alguna co-

sa á esta idea. Este hábil físico no presume que la privacion de la materia de fuego sea suficiente para formar el hielo. Recurre á otra causa concomitante de la atraccion. Dice que el agua es un hielo fundido. Cuando esta se halla privada del fuego que la dilataba, sus partes se atraen, se reunen y forman el hielo. Cuando este está penetrado por el fuego, sus partículas adquieren una fuerza repulsiva; se separan unas de otras; se mueven y forman un fluido.

De todas estas opiniones la de Boerhaave es la dominante de la escuela.

Parce despues de lo espuesto sobre la causa de la congelacion y de sus diferentes fenómenos, que ademas de ser el enfriamiento ó disminucion del calórico, causa eficiente de la formacion del hielo, favorece esta especie de cristalización, el contacto inmediato del aire, lo que confirma la esperiencia; asi como el aumento de volúmen, segun los modernos, á la particular figura de los cristales y las diferentes posiciones que toman entre si durante la cristalización, dejando notables espacios vacios de sustancia, que puede ocupar el aire, á que atribuyen los físicos antiguos el espresado aumento de volúmen.

CAPÍTULO XIII.

LECCION XLVI.

HIGROMETRÍA.

DE LA HIGROMETRÍA: DEFINICION: CAUSAS Y EFECTOS: HIGRÓMETROS: DIFERENCIAS: SU DESCRIPCION Y USOS.

Higrometría.

ARTÍCULO PRIMERO. Es aquella ciencia que trata de los medios de conocer la cantidad de agua repartida en el aire atmosférico.

Se comprende fácilmente que en una multitud de indagaciones de física y de química, lo mismo que un gran

número de circunstancias de la vida, en la elección del momento favorable para muchos trabajos de la agricultura y de las artes es muy importante el conocer la cantidad de vapor acuoso que se halla mezclada con el aire atmosférico ó el gas que se emplea.

Esta cantidad de vapor designada con el nombre de humedad y de estado higrométrico, es lo que se pretende medir, ó mas bien hacer patente por medio de los higrómetros y de los higróscopos.

Higrómetro.

ARTICULO SEGUNDO. Instrumento destinado á señalar los grados de humedad ó de sequedad del aire.

Son varias las especies de higrómetros que se han ideado y en efecto, todo cuerpo que se hincha ó que se acorta por medio de la sequedad ó de la humedad, puede servir de higrómetro, ó de higróscopo que es el mismo instrumento.

Vemos que la mayor parte de los cuerpos orgánicos, tanto animales como vegetales, experimentan grandes variaciones por la influencia de la humedad que se introduce en ellos ó que se desprende. Aumentan de volumen y en general se dilatan en razon de la humedad, y se contraen ó encojen en razon de la sequedad. Por ejemplo, el papel, el pergamino, la madera, las membranas animales se estiran, se agrandan cuando aumenta la humedad.

Las cuerdas no se estiran con la humedad, al contrario se encojen, mas esto proviene de que estando compuestas de filamentos unidos, la humedad aumenta mucho su tamaño ó grueso, y si están torcidas se destorcerán por la misma causa.

Sobre estos principios, aplicados á las cuerdas de tripa, está fundada la construcción de un gran número de higrómetros, y á esta aplicacion debemos la invencion de las figuras de fraile, monjas y otras no menos estrañas, que indican por sus movimientos la sequedad y la lluvia.

Semejantes instrumentos pudieran ser suficientes para las indicaciones comunes, pero no pueden dar la medida del estado higrométrico de un gas.

Saussure fué el primero que reconoció que los cabellos despojados de la sustancia grasa que los cubre por medio de una legía caústica, estaban dotados de las propiedades higrométricas á un alto grado de sensibilidad; que se alargaban entonces de $\frac{1}{50}$; que eran casi inalterables á las temperaturas comunes; que en razon de su poco volúmen obraban prontamente y en fin que volvian constantemente á los mismos puntos siempre que la humedad ó la sequedad se volvian á presentar en el mismo grado.

Los pelos ó cabellos, reunen pues, todas las cualidades necesarias para hacer un buen higrómetro.

No son solamente las sustancias orgánicas muertas las que gozan de la propiedad higrométrica, parece que un gran número de cuerpos orgánicos vivientes son poderosamente afectados por el estado higrométrico del aire, y son advertidos de un modo cierto de las mudanzas que padece. No es extraño que los vegetales cuyo alimento principal es el agua, sea en estado líquido, sea en vapor, manifiesten su presencia ó su ausencia, su abundancia ó su falta por medio de diversos fenómenos.

Un gran número de sales y de sustancias minerales son igualmente higrométricas, es decir, absorben, despiden ó restituyen la humedad, en razon del estado del aire que las rodea: se designa esta propiedad de las sales con el nombre de delicuescencia; esta varia al infinito segun su naturaleza, teniendo cada una de ellas con el agua una afinidad diferente.

Hay tambien otro instrumento conocido con el nombre de hietómetro, que sirve para determinar la lluvia que cae, y consiste en un gran vaso cuadrado ú cilíndrico, que no pueda ser penetrado por el agua, por ejemplo, de vidrio ó de loza, y que se espone á la lluvia que cae inmediatamente despues de la nube. Cuando ha llovido, se cuida de medir exactamente la altura del agua que se halla en el fondo del vaso: y si esta altura es, por ejemplo, 2 líneas, se infiere que en las inmediaciones han caído 2 líneas de agua, es decir, que si toda el agua que ha caído, hubiese quedado sobre la superficie de la tierra, sin filtrarse en ella, sin correr fuera y sin evaporarse, se hallaria sobre esta superficie 2 líneas de espesor de agua.

CAPÍTULO XIV.

LECCION XLVII.

DE LOS CUERPOS IMPONDERABLES EN GENERAL: ÓRDEN QUE DEBERÁ SEGUIRSE EN LA ESPLICACION DE SUS DIFERENTES Y MULTIPLICADOS FENÓMENOS.

Fluidos imponderables.

ARTICULO PRIMERO. Los fluidos imponderables forman una clase de cuerpos y de agente enteramente separada, pero que en razon de los fenómenos importantes de que son la causa y el origen, merecen la mas seria atencion. A ellos se dirigen especialmente las esperiencias, las observaciones, los trabajos, las indagaciones y las meditaciones de los físicos modernos los mas sabios: asi es que su conocimiento hace de día en día nuevos progresos, y tocamos sin duda el momento en que nos será revelada la naturaleza de estos cuerpos de una manera cierta, y conducirá indudablemente á la esPLICACION de un gran número de dificultades que se hallan todavía en varios ramos de las ciencias físicas y naturales.

Mas estos cuerpos de que vamos á ocuparnos, no podrán ser tratados de la misma manera: invisibles, impalpables, semejantes en esto á la causa desconocida de la atraccion, aun pudiera considerárselos mas bien como propiedades, como modificaciones de la materia y dudar de su existencia, pues que esta no se nos manifiesta sino por efectos, por movimientos que se producen en ciertas circunstancias.

Admitida la existencia de estos fluidos, es evidente que debemos reconocer en ellos las propiedades esenciales á todos los cuerpos; es decir, la materialidad, la estension, la impenetrabilidad: pero es preciso confesar que todos nuestros medios de investigacion son insuficientes para descubrir en ellos estas propiedades.

Estos cuerpos son tales que no se pueden comparar con ninguno de los que hemos estudiado, pero cuya existencia material parece sin embargo demostrada por su poder inmenso, por su influencia y su accion necesaria en una multitud de fenómenos naturales. Se supone, pues, que estos fluidos son eminentemente elásticos, compuestos de moleculas de una tenuidad y de una sutileza casi infinita, que por consiguiente no pueden oponer ninguna resistencia apreciable á la marcha de los cuerpos celestes; y al contrario pueden penetrar la mayor parte de los cuerpos con la mas grande facilidad.

Por esta razon estos fluidos han sido llamados incoercibles, discretos, etéreos: en fin se les dá comúnmente el nombre de imponderables porque todavia no han podido pesarse.

Su analogía con los demas cuerpos no es exacta; y asi en su estudio no debe seguirse la misma marcha, sino formarse otro orden separado, constituyendo uno de los ramos mas importantes y mas dificiles de la fisica experimental.

El estudio de los fluidos imponderables comprende el de los numerosos fenómenos de la luz, del calor, de la electricidad, y del magnetismo, porque la observacion nos hace reconocer prontamente que los cuerpos que nos rodean, que podemos ver y tocar, no son luminosos y calientes, no están dotados de propiedades eléctricas y magnéticas por sí mismos y en todas circunstancias, pero manifiestan estos fenómenos bajo la influencia de diversos agentes, de diferentes fuerzas motrices.

La esperiencia nos enseña igualmente que el calor y la luz se propagan á grandes distancias del foco que los produce; que esta trasmision no se hace solamente por medio de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, sino tambien en el vacío mas perfecto, en las regiones del espacio donde es imposible admitir ningun otro cuerpo que un fluido etéreo: de donde resulta que los fenómenos del calor y de la luz no pueden ser comunicados por los cuerpos que hemos estudiado hasta ahora, y suponen la existencia de un cuerpo particular que no podemos ni ver ni palpar, pero que podemos apreciar por sus efectos.

Del mismo modo la electricidad y el magnetismo presentan una multitud de fenómenos que es imposible referir á las leyes conocidas de los otros cuerpos, y que no podrian explicarse sin la existencia de un fluido capaz de manifestar la fuerza, la mas enérgica en aquel mismo lugar en donde un instante antes y sin ninguna causa aparente de mudanza, todo estaba en el reposo mas absoluto.

Los resultados que acabamos de indicar, demuestran evidentemente la existencia de cuerpos muy diferentes de todos los demas eminentemente sutiles y elásticos: esto es lo que reconocen generalmente los físicos.

Dos son los sistemas que los dividen á la explicacion de los grandes fenómenos de estos cuerpos elementales. El sistema de la emision y el de las vibraciones.

Demos una idea de la manera de ver que han adoptado en el uno y en el otro; y en la necesidad de elegir uno de los dos, nuestra eleccion deberá ser sin disputa en favor de aquel que ofrece la mayor sencilléz en las aplicaciones que dá la explicacion de los fenómenos con mas fecundidad, y contra el que no se ha producido ninguna objecion á que no haya podido responderse.

En la hipótesis de las emanaciones presentadas primeramente por Newton con relacion á la luz, se supone que el manantial ú origen de luz ó de calor envia una multitud de rayos compuestos de partículas súmamente ténues, dotadas de una gran velocidad, y que poseen las propiedades luminosas ó caloríficas del foco de que emanan. Son continuamente lanzadas en todas direcciones, y se propagan en línea recta hasta que encuentren con algun cuerpo; porque en este caso unas veces se reflectan á su superficie, como las bolas de marfil; otras se tuercen al acercarse, otras penetran en su interior refractándose, es decir, desviándose de su camino primitivo.

En el dia de hoy, en esta hipótesis no se separa ya el calor de la luz, que se consideran como modificaciones de un mismo principio; esto es lo que efectivamente está suficientemente probado por una multitud de analogías y relaciones

En el mismo sistema se explican de un modo análo-

go los fenómenos de la electricidad y del magnetismo por medio de uno solo ó de dos fluidos.

La hipótesis de las ondulaciones ó de las vibraciones fué imaginada por Descartes, y perfeccionada por Huyghens y Eulero. Esta estaba casi enteramente abandonada, cuando en nuestros dias la vemos resucitada por los trabajos de M. M. Yonng, Arago, y Kesnel, que principalmente para la luz, la han dado el mas alto grado de probabilidad, por la facilidad con que la han empleado para explicar todos los fenómenos.

En este sistema basta el suponer un solo fluido imponderable para la esplicacion de todos los fenómenos de la luz, del calor, de la electricidad y del magnetismo; este fluido está universalmente esparcido, y en el estado de reposo no manifiesta su presencia; mas si se le pone en movimiento de manera que ejecute vibraciones de diversos géneros, se hace susceptible de producir diferentes efectos, y los propaga comunicando sus movimientos á las partículas circunvecinas del mismo fluido.

Tales son los dos sistemas sobre la manera de obrar de los fluidos imponderables, sistemas que tienen uno y otro sus partidarios y defensores entre los fisicos modernos.

El primero, el de la emision, era el mas generalmente adoptado hasta estos últimos tiempos, y parecía el mas sobresaliente.

El segundo el de las vibraciones, hallado la atencion de los sabios, por los descubrimientos de los fisicos actuales que en el dia lo han hecho el mas probable y el mas sencillo.

El modo de explicar los fenómenos en el sistema de las vibraciones y el sistema mismo, no puede ser conocido de los principiantes, y para llenar este hueco ó claro en su instruccion y aun para ponerlos en estado de juzgar de las dos opiniones he procurado en este discurso sobre los fluidos imponderables, el esponer todos los fenómenos que presentan, refiriéndolos á esta hipótesis.

No nos pertenece, seguramente, el decidir la cuestion antes que á los sabios nuestros guias y nuestros maestros, ni el anunciar la opinion que adoptamos, como la única

bien fundada. Mas séanos permitido el seguir los pasos de M. M. Arago y Fresnel, y el esponer sus descubrimientos. Ademas, ¿no habrémos hecho en todo caso un servicio útil, popularizando, si puede decirse así, un sistema que no se halla espuesto en parte alguna de una manera elemental y completa, y del que no se puede tomar conocimiento sino estudiando un gran número de memorias y de obras separadas?

Nuestro plan será esponer la generalidad de los fenómenos de todo género que presentan los fluidos imponderables, así como lo hemos practicado en el estudio de los demas cuerpos; por lo que, dividiremos en tres partes el estudio de los fluidos imponderables.

En la 1ª espondrémos los fenómenos del calor; si es ó no producido por la accion del mismo fluido que la luz: si esta lo acompaña frecuentemente, y si se muestra idéntico con ella: sus efectos sobre los cuerpos son de otro órden, y bastante importante para motivar esta separacion. En efecto, en el estudio del calórico mirarémos mas bien las modificaciones que imprime á los cuerpos, que no su manera de obrar.

En la 2ª parte pasaremos sucesivamente en revista todos los fenómenos de la luz directa, indirecta, reflectada, refractada y polarizada: seguiremos pues el fluido luminoso en su marcha, en las modificaciones que padece, el que fijará principalmente nuestra atencion, y aquí sera donde se colocará naturalmente el desarroyo de la teoría.

En fin, en la 3ª parte procurarémos hacer comprender el como de un mismo manantial nacen todos estos fenómenos tan complicados y tan diferentes, que designaban antiguamente con el nombre de eléctricos galvánicos y magnéticos, y que en el dia se reunen bajo el nombre de electro-magnéticos.

LECCION XLVIII.

DE LOS CUERPOS IMPONDERABLES EN PARTICULAR: CALÓRICO: SU ACCION: NATURALEZA Y CAUSA: DILATACION DE LOS CUERPOS POR EL MISMO: APLICACION DE SU TEORÍA Á LOS TERMÓMETROS; PODER QUE TIENEN LOS CUERPOS PARA CONDUCIR ESTE PRINCIPIO.

Cuerpos imponderables en particular.

Calórico.

ARTICULO SEGUNDO. En cuantas averiguaciones nos empleamos para venir en conocimiento de la naturaleza de las diferentes sustancias que pueblan la superficie de nuestro globo, innumerables objetos despiertan nuestra admiracion y contribuyen á escitar nuestra complacencia: pero ya nos detenga el variado verdor de las plantas, ya el brillante azul de las aguas, ya la frescura del aire que nos circunda; á ningun otro agente natural debemos tales sensaciones sino al calórico. Sin la presencia y sin los efectos de este fluido, la tierra se encontraria á manera de una impenetrable roca, incapaz de favorecer á la vida ni á la vegetacion; las aguas se verian por siempre privadas de su fluidéz y movimiento, y el aire de su elasticidad y útiles efectos.

El calor anima, vigoriza y embellece la naturaleza: su influencia es absolutamente necesaria para el crecimiento y desarrollo de las plantas; promueve la aparicion de su flor y determina la sazon perfecta de los frutos teniendo las mayores relaciones con la vida, pues que los seres que la gozan dejan de existir cuando quedan destituidos de él.

Tal es la general influencia de este agente poderoso en los reinos de la naturaleza, sin ser de menor consecuencia en el dominio de las artes. Con su auxilio se hienden y trituran los mas sólidos peñascos, y se obtienen los tesoros escondidos en las entrañas de la tierra. La materia afecta millares de formas por su accion; y se presta y dobla al querer del artífice proveyéndola de útiles y adecua-

dos instrumentos de calientes y cómodos trages, de saludables y delicados alimentos, y de indispensables moradas.

Damos el nombre de calórico á un fluido elástico, imponderable, súnamente sutil que penetra todos los cuerpos con la mayor facilidad, y que se supone ser la causa de todos los fenómenos del calor.

Los manantiales del calórico son:

1.º Los rayos solares que producen en general las diferencias de temperaturas en los diversos paralelos.

2.º La combustión y

3.º Una multitud de operaciones químicas y físicas.

La palabra calórico fué introducida por Lavoisier, para distinguir la causa de la sensacion, las cuales esplicabamos antes de él por el mismo nombre.

La palabra calórico ó fluido calorífico parece sugerir la idea de la naturaleza material del calor, que sin embargo nos es todavia desconocida; pero para conformarnos con el comun modo de hablar, decimos algunas veces el calor de los rayos del sol, sin dejar de percibir la justa y clara idea de la sustancia calórico que los constituye; dirémos por lo mismo el calor que se experimenta, aplicando la expresion á la sensacion producida, aunque la acepcion genuina de la palabra denote la causa de dicha sensacion.

El vulgo ha esplicado siempre con una misma voz, la causa y la sensacion, y este vicio ha cundido hasta en los escritos de los mas ilustrados profesores fisicos.

Naturaleza y causa del calor.

ARTICULO TERCERO. Cualquiera que se emplee en examinar los poderosos y esquisitos agentes de la naturaleza, se convencerá al punto de que las causas continúan desconocidas, apesar de los sufridos y perseverados esfuerzos de los hombres mas laboriosos é instruidos despues de tantos siglos de investigacion. Este principio es rigurosamente cierto con respecto al calórico acerca del cual no ha sido posible determinar si sus fenómenos son el resultado de un fluido sutil, capaz de introducirse en los poros de los cuerpos, y de ser emitido por los mismos, ó bien si son el efecto de

un movimiento de vibracion ó rotacion escitado en las partículas de la materia. Los argumentos que se han producido y los experimentos que se han verificado son inconcluyentes respectivamente, por variados é ingeniosos que se hayan presentado.

La hipótesis por la cual el calórico es considerado como fluido material sutil, cuyas partículas se repelen mutuamente, esplica de un modo plausible la mayor parte de los fenómenos que dependen de la naturaleza del calor; como la expansion, la fusion y evaporacion de los cuerpos, suponiendo que las moléculas del calórico cuando interpuestas entre las de aquellos en cantidad suficiente, producen dichos efectos.

Es natural suponer que cuando un cuerpo aumenta en volúmen, tal aumento debe reconocer por causa la introduccion de nuevas partículas de materia, por las que el cuerpo aumentado desvia las suyas á mayor distancia una de otra; y llega á tanto la accion repulsiva ejercida por el calórico sobre la mayor parte de los cuerpos sólidos, que no solo los transforma en líquidos, sino tambien en aeriformes.

La misma hipótesis esplica la comunicacion de calor de un cuerpo á otro, suponiendo que los cuerpos pueden atraer tambien esta sutilísima sustancia: por la misma llegamos á comprender los diferentes efectos que producen cantidades iguales de calórico sobre cuerpos diversos, suponiéndolos distintos grados de atraccion por dicho fluido. El frio que se produce alrededor de un cuerpo sólido cuando pasa al estado fluido ó gaseoso, y el aumento de temperatura en el caso contrario, reciben una esplicacion satisfactoria por la misma hipótesis, absorbiéndose gran cantidad de calórico en el primer caso, como es fácil concebir, y desprendiéndose la misma en el segundo.

Hay fenómenos, sin embargo, que no se concilian plenamente con la anunciada hipótesis, tal es el alto grado de temperatura que ocasiona la esplosion de un cañon, en que se desprenden grandes cantidades de materias gaseosas: el calor que resulta de la descomposicion del gas cloro puro,

siendo así que resuelve en gases de mayor volúmen; y el calor que se produce por la fricción y percusión.

El calórico que se desenvuelve continuamente aumenta la temperatura de la sustancia en fricción ó percusión, lo que tiene cierta analogía con el hecho de cargar un conductor de la máquina eléctrica con el fluido que se pone en libertad por un proceder semejante.

La segunda hipótesis, que ha sido también admitida, consiste en asignar por causa del calor el movimiento vibratorio entre las partículas de la materia.

La producción del calor por el frotamiento es conocida hasta de las gentes menos civilizadas, las cuales producen fuego por el roce de dos pedazos de diferente madera: lo cual se ha considerado como el mas fuerte argumento á favor de la hipótesis del movimiento engendrador del calórico, y por consiguiente contra la que le supone sustancia material.

La cuestión, por consiguiente, queda indeterminada; y es una especial fortuna el que la mayor parte de los fenómenos que tienen relación con la naturaleza ó causas del calórico, puedan explicarse igualmente bien por una y otra hipótesis.

Dilatacion de los cuerpos por el mismo.

ARTICULO CUARTO. El efecto mas general producido por el calórico es el aumento de volúmen que adquieren los cuerpos espuestos á su acción.

Los sólidos, los fluidos, los gases, todos son dilatados por el hecho de ser calentados, y se condensan cuando se hacen enfriar. La mayor parte de los útiles procedimientos de las artes, y las mas importantes operaciones de la naturaleza, reconocen por causa este interesante principio.

Si se quieren indagar los grados relativos de dilatacion que reciben los cuerpos por un aumento poco considerable de temperatura, se emplea el instrumento llamado pirómetro, ú otro semejante, y de cuyo instrumento hablaremos en su lugar.

Los artesanos consiguen útiles ventajas de la dilatacion

de los cuerpos por el calórico: las grandes cubas para con- tener los fluidos, como las que emplean los fabricantes de cerbeza y otros, firmemente unidas por medio de fuertes aros de hierro: estos, que se dejan algo menores de lo que es necesario, se esponen á la accion del calor para tomar por dilatacion lo que les falta de longitud: se adaptan inmediatamente á sus determinados lugares, pues entran sin dificultad y al momento se les hace perder el aumento de temperatura, echándoles agua en abundancia; y resulta que, volviendo á tomar sus naturales dimensiones, aprietan las piezas que forman la cuba, haciéndolas ajustar con tal fuerza, que seria imposible conseguirlo por otro medio, quedando al mismo tiempo fijos é inmóviles por la misma causa.

La dilatacion y contraccion ocasionada por las variaciones de temperatura en los metales de que se forman los péndulos de los relojes, se ha visto que producian grandes irregularidades en el movimiento de dichas máquinas: la cantidad de movimiento que verifica el péndulo depende de su longitud; cuando el calor le dilata, el movimiento es menor, y cuando el frio le condensa, es mayor: atrasándose el relox en aquel caso, y adelantándose en el segundo. Si el disco de un péndulo que vibra segundos se disminuye solamente de una centésima parte de pulgada, el relox perderá 10 segundos en cada 24 horas.

La dilatacion de los fluidos por el calórico es todavía mayor que la de los sólidos, y las diferencias que presentan entre sí, son todavía mas sorprendentes. El mercurio no se dilata tanto como el agua, esta no tanto como el espíritu de vino, y este no tanto como el éter.

Las sustancias aeriformes en sus dilataciones difieren de las sólidas y de las fluidas en ser uniformemente afectadas por una cantidad igual de calórico aplicado en cualquier temperatura, lo que se esplica así: resistiendo la fuerza atractiva que obra en los sólidos y fluidos la dilatacion ocasionada por el calórico, la primera cantidad de este aplicada, tiene mas resistencia en oposicion que la segunda, y así sucesivamente, por lo que producirá menos efectos en el primer momento, mas en el segundo, y así:

progresivamente: pero, como en los cuerpos aeriformes no existe esta fuerza atractiva de cohesion, no hay resistencia que vencer, y por consiguiente, sufre igual dilatacion por igual cantidad de calórico, y el efecto viene á ser el mismo, sea la cantidad de calórico y la temperatura de aquellos la que se quiera.

Observando cuidadosamente la irresistible influencia del calórico en su distribucion activa sobre la superficie del globo, conseguimos las mas convincentes demostraciones de los fenómenos que ofrece este agente tan sublime y poderoso de la naturaleza.

Aplicacion de esta doctrina á la teoría de los termómetros.

ARTICULO QUINTO. La expansion de los cuerpos por el calórico y su contraccion por el frio nos ofrecen medios eficaces para medir los grados de temperatura en cualquier clima y lugar en que habitemos.

El instrumento que se emplea para este objeto, y que obra segun estos principios, se llama termómetro.

Los líquidos, que se han empleado en la construccion de los termómetros son el aire, al que sustituyeron el espíritu de vino colorado y el mercurio, que es el que tiene actualmente mas aceptacion por ser mas á propósito para marcar temperaturas de diferencias considerables, empleando los anteriores para el caso contrario.

Cualquiera fluido que se emplee, la forma principal es siempre la misma, la cual consiste en un tubo con un globulo en un extremo que puede afectar la figura cilindrica, considerada en el dia como preferible. Hay termómetros de mercurio con parte de su escala movable: el tubo debe de ser hueco con exacta igualdad en toda su longitud: pero como esta condicion se consigue rara vez, es necesario conocer las desigualdades que contiene para adaptarlas á la graduacion.

Si la cavidad del tubo es perfecta en toda su longitud, se divide el espacio que hay entre los dos espresados puntos, en 80, en 100 ó 180 partes iguales, segun la teoría del autor que se quiera adoptar.

La division de 80° es llamada de Reaumur y usada en el continente; empieza por cero que señala la congelacion, y termina en 80 que indica la ebullicion.

La de 100° llamada de Celsio, es la mas sencilla, empieza igualmente en cero que marca la congelacion, y acaba en 100, punto de la ebullicion. Este instrumento se llama mas comúnmente centígrado, muy preferido á los otros dos por ser su division la mas natural, y usado particularmente en Francia.

La de 180° se llama de Fahrenheit, y señala la congelacion á 32° y la ebullicion á 212° , y como hemos visto que empieza por 32, se señala este mismo número de partes debajo de cero, cuya graduacion lleva considerable ventaja sobre las otras, pues sus subdivisiones son mas diminutas, y por consiguiente, mas sensibles, ahorrándose con esto cantidades fraccionarias: y como tiene 32° debajo de cero, rarísima vez se necesita indicar la temperatura con cantidades negativas.

Si la cavidad del tubo no es exactamente igual, se hace uso de la primera division hecha y que señala cantidades de igual capacidad, como se ha explicado.

Como un grado de Fahrenheit es igual á $\frac{4}{9}$ de otro de Reaumur, se multiplicarán los grados del primero, menos 32 (que es donde se encuentra el cero del segundo) por cuatro, y el producto se partirá por 9: el resultado serán los grados de Reaumur, correspondientes á los propuestos de Fahrenheit.

Multiplicando los grados de Reaumur por 9 y partiendo el producto por 4, tendremos los grados de Fahrenheit correspondientes, á los que añadiremos los 32 que están debajo del punto de congelacion.

Como el mercurio se dilata con mas uniformidad que todos los demas fluidos, y presta un espacio mucho mas espeso desde su congelacion hasta su ebullicion, los termómetros de tal construccion serian los mas útiles; pero quando se deben averiguar grados bajos de temperatura, los mejores son los que contienen alcohol colorado, pues tiene este líquido la circunstancia, que su congelacion no ha podido conseguirse á ninguna reduccion de temperatura verificada hasta ahora.

Muchos instrumentos han sido inventados para señalar las variaciones de temperatura sobre el principio de la desigual dilatacion de los metales; segun detallan las obras de fisica experimental modernas.

Diferente poder que tienen los cuerpos para conducir el calórico

ARTICULO SESTO. Para probar por un medio convincente y sencillo que el calórico pasa por los diferentes cuerpos conocidos con desigual velocidad, basta tomar delgados cilindros de cualquier sustancia, como de plata, cristal, carbon, &c., y teniendo apretados los extremos de cada uno con una mano, espónganse los opuestos á la llama de una vela, y se verá que el de plata se pondrá demasiado pronto caliente para poderlo sufrir, que el de cristal tardará mucho mas, y que el de carbon llegará á ponerse encandeciente sin haber dado el menor efecto de calor.

Los cuerpos tienen esta calidad cuanto mas densos, sin que por esto exista ninguna relacion invariable entre la densidad y el poder conductor de ningun cuerpo: asi es que uno de los metales mas densos, la platina, es el peor conductor para el calórico, entre las sustancias de su especie. Las sustancias térreas son muy inferiores á los metales en este respecto; las maderas todavía mas; y entre las demas sustancias sólidas, las que tienen menos poder conductor son las que cubren á los animales, como la lana, las cerdas, las plumas, &c. De aquí nace la práctica de emplear estas sustancias para impedir que el aire frío que rodea al cuerpo animal no le robe el calórico en gran cantidad.

La arena conduce el calórico con tal lentitud, que las balas rojas son conducidas desde sus hornillos á las baterias en carretoncillos de madera, con solo una capa de arena por encima, para impedir el contacto.

Las sustancias sólidas conducen el calórico en todas direcciones con igual facilidad y presteza.

Los peores conductores, como la piel de liebre y el vellon de Eider, contienen una cantidad considerable de aire, entre las partes de que constan, á la cual se cree que

deben particularmente el poder resistente al paso del calórico. Una misma sustancia se encuentra que tiene diferente poder conductor, en razon á si está tejida mas ó menos tupida ó floja, como puede observarse en la seda, pues la torcida tiene el mayor poder conductor.

Las sustancias que mejor sirven para lienzo ó paños de abrigo, son las que tienen mas largo pelo ó vellon, con relacion al aire que envuelven para no dar franco paso al calor natural del cuerpo.

La calidad poco conductriz de la nieve tiene el mismo origen, y de suma utilidad para impedir que la superficie de la tierra no se enfrie sucesivamente en muchas partes del globo. Es cosa averiguada que mientras en Siberia la temperatura del aire llega á 70° bajo el que señala el punto de hielo, la superficie de la tierra protegida por la nieve pocas veces baja de 32°.

Se saca muchas veces estraordinaria ventaja del defecto de conductibilidad de ciertos cuerpos para el calórico, para acumularlo cuando y donde se quiere.

Los hornos se cubren amenudo de una espesa capa de arcilla y arena, segun los fines del operario: la interposicion de una capa de carbon ó de aire es muy eficaz para impedir la irradiacion del calórico; en el palacio de Kensington y en muchas casas dentro y fuera de Londres se ven dobles ventanas, construidas sobre este principio. El aire interpuesto entre una y otra opone una fuerte resistencia á la perdida del calor que puede tener el edificio en tiempo de invierno.

El vestido holgado es mas caliente que el ajustado, pues la cantidad de aire que se halla interpuesta alrededor del cuerpo, siendo mal conductor del calórico impide su desprendimiento.

Las mismas sustancias que impiden la pérdida del calórico tienen igual poder para impedir su admision, y las neverias se construyen bajo estos principios.

Las tan diferentes sensaciones que experimentamos al tocar diversas sustancias, como marfil, mármol, cristal, madera, &c., son ocasionadas por sus diferencias de conductibilidad. Una pieza de madera, por ejemplo, tocada en

tiempo frio no afecta de mucho tanto como otra de hierro en el mismo lugar, siendo asi que se hallan en igual temperatura; como puede probarse aplicándoles un termómetro que lo indique. El hierro imprime mas fria sensacion, porque siendo buen conductor del calórico, el calor que existe en nuestra mano en mayor cantidad que en aquel metal, tiende á equilibrarse y combinarse con el hierro, y la rápida abstraccion de calórico ocasiona la sensacion expresada: pero la madera siendo poco conductriz del fluido referido, no toma tan rápidamente el calórico de nuestra mano, y por lo mismo no la afecta tan sensiblemente.

Por igual razon cuando el hierro y la madera toman elevada temperatura, el primero parece mas caliente que el segundo, porque irradia el fluido con mayor rapidéz.

Los operarios que tienen que tocar amenudo sustancias mas calientes ó mas frias de lo que se resiste sin sensacion desagradable, encuentran muy cómodo el empleo de guantes de estambre, cuya sustancia conduce dificilmente el calórico.

Rumford ilustra con numerosos experimentos la poca conductibilidad de los fluidos: supuso por los resultados obtenidos que los fluidos no son absolutamente conductores del calórico: pero esta opinion ha sido ventajosamente controvertida, y actualmente se les atribuye cierto poder conductor.

El mismo fisico procuró probar que los gases carecian tambien de la facultad de conducir el calórico, aunque tal aseveracion no ha sido admitida; pero los experimentos prueban que lo que obstruye el movimiento de las partículas del aire, ocasiona la lentitud en la propagacion del calórico.

El célebre Leslie ha probado que los cuerpos emplean diferentes tiempos en enfriarse cuando son circundados por diversos gases. En gas hidrógeno se enfrían con la mayor rapidéz; con menos en aire atmosférico, y con mucho menos en gas ácido carbónico,

Cuando hemos hablado de los efectos producidos por la dilatacion, hemos hecho ya referencia á la influencia del aire en la comunicacion del calórico.

La expansion y el consiguiente ascenso de las sucesivas porciones de aire en los lugares calentados en la superficie de la tierra, ocasionan una corriente de aire desde los polos hácia el Ecuador, por la parte inferior de la atmósfera: modificando y regulando la temperatura sobre el globo otra corriente en la parte superior del Ecuador hácia los Polos.

LECCION XLIX.

DE LOS FENÓMENOS QUE PRESENTA LA IRRA-
DIACION DEL CALÓRICO: CAPACIDAD DE LOS CUERPOS PARA
EL MISMO Ó CALÓRICO ESPECÍFICO: CANTIDAD ABSOLUTA QUE
CONTIENEN LOS CUERPOS Á CUALQUIERA GRADO DE TEMPERA-
TURA: CALÓRICO LLAMADO LATENTE; FLUIDÉZ.

Irradiacion del calórico.

ARTICULO SEPTIMO. Cuando los cuerpos calentados son espuestos al aire, pierden porcion de su calórico por proyeccion en líneas rectas de todos los puntos de su superficie.

La palabra calórico radiante, ó el calórico desprendido en línea recta, como lo rayos de la luz, originó el conocimiento de que pasa á través del aire sin calentarlo, y que la direccion no sufre ningun desvío por ninguna corriente de aire.

Los cuerpos calentados y espuestos al aire pierden parte de su calórico en proyeccion por líneas rectas de todos los puntos de la superficie del cuerpo.

Estos efectos son los que conocemos con el nombre de irradiacion del calórico.

El calórico que sale de un foco de calor bajo la forma de rayos (por lo que se llama radiante) tiene la propiedad de reflejarse en la superficie de los cuerpos bruñidos ó pulimentados, haciendo el ángulo de reflexion igual al de incidencia.

Cuando los rayos de calórico en vez de caer sobre una superficie bruñida caen sobre una que no lo está, es decir,

deslustrada, son absorbidos en muy gran parte.

En general los cuerpos cuya superficie está pulida groseramente ó es de un color oscuro, se calientan mucho mas pronto que aquellos cuya superficie es blanca y brillante.

Se nota tambien que es mayor la facultad de emitir el calórico en un cuerpo cuya superficie es áspera ó deslustrada, que en otro de la misma naturaleza que la tenga bruñida; de suerte que en el primer caso el cuerpo se enfria mucho mas pronto que en el segundo.

Si se ponen sobre la superficie de la nieve unos pedasos de tela blanca y otros de negra, se reconocerá que no se derretirá la nieve bajo la tela blanca porque reflecta los rayos del calórico, y que por el contrario se derretirá muy sensiblemente bajo la tela negra que los absorbe.

Los habitantes de las montañas en muchas partes de Europa, acostumbran á derramar tierras negras sobre la nieve para apresurar su fundicion y adelantar asi mucho el tiempo en que se puede labrar y sembrar los campos.

Los vestidos negros son calientes al sol y frios á la sombra. En el primer caso absorven el calórico y lo comunican al cuerpo; en el segundo roban á este el calórico que esparraman al aire y cuerpos circunvecinos.

Conviene, pues, vestirse de blanco para andar al sol en el estío; y otro tanto seria menester hacer para estar á la sombra en el invierno.

Si se quiere calentar un cuarto por medio de una estufa, será necesario conservar tanto cuanto se pueda su superficie negra y deslustrada.

Cuando el calórico radiante producido por un cuerpo de una temperatura bastante elevada, cae sobre una sustancia diáfana en una direccion oblicua, penetra este cuerpo y se refracta en él mas ó menos segun su naturaleza. Esta refraccion no tiene lugar sin embargo en un cuerpo sólido que atraviesa un líquido; porque el rayo calorífico hace el de refraccion mas pequeño que el ángulo de incidencia, lo que puede atribuirse á la atraccion que ejerce el cuerpo sobre el fluido. Si se presenta al sol un lente de vidrio, los rayos de calórico, como los de la luz, se refractarán y reu-

nirán juntos en un punto que se llama foco ; de modo que si se pone en este punto un cuerpo combustible, yesca por ejemplo , se inflamará prontamente: esta es una experiencia que todo el mundo ha podido hacer.

De lo espuesto se deduce, que los cuerpos, que mas eficazmente irradian el calórico, lo absorven en igual proporcion, y que los mejores reflectores tienen tanto menor poder radiante.

Cuando los cuerpos calentados están sumergidos en agua, la naturaleza de sus superficies no influye en nada en sus tiempos de enfriamiento; porque la irradiacion es obstruida dentro de este fluido.

Aplicaciones.

ARTICULO OCTAVO. Muchas observaciones importantes toman origen del exámen de la doctrina del calórico.

Siempre que sea necesario para el éxito de cualquier operacion, que el calor del fluido empleado se conserve por tiempo considerable, las vasijas que le contengan deberán ser metálicas y pulimentadas, por ser las que tienen menos poder radiante: asi el agua que se emplea para hacer el té ó café deberá contenerse en vasijas de dichas sustancias, y estraerá mejor la fuerza del té ó café, que si la operacion se hiciese en vasijas de otra materia.

Para calentar una estancia con vapor, será poco favorable emplear tubos negros para conducirle, porque mucha parte de él se perdería por la irradiacion antes de llegar al lugar de su destino: deberán, pues, ser metálicos y pulimentados. Seria al contrario un absurdo emplear estos tubos para trasmitir el calórico en el lugar cuya atmósfera debiera calentarse, porque conservarian el calórico y no se lograría el intento: asi deben emplearse los que antes desechamos, es decir, los negros no embetunados ó de superficie no lisa.

Las vasijas destinadas á recibir calor en las operaciones de cocina ú otras cualesquiera, tampoco deben ser pulimentadas, porque las tales reflectan y no absorven el calórico; y debemos considerar como útil propiedad la de

los combustibles que ennegrecen las vasijas metálicas al tiempo de calentarlas.

La propiedad de diferentes colores para absorber, reflectar é irradiar el calórico merece nuestra atención para determinar los que hemos de emplear en nuestros vestidos en tiempo de invierno y de verano.

Puesto que el negro, según los experimentos de Franklin, Leslie, Davy y otros, absorbe dicho fluido en mayor cantidad que los demás colores, no será propio emplearlo para nuestros vestidos de verano; y puesto que la superficie que lo absorbe en mayor abundancia, lo irradia con mayor facilidad los vestidos de color oscuro ó negro en tiempo de invierno tampoco deberán adaptarse.

Capacidad de los cuerpos para el calórico, ó calórico específico.

ARTICULO NOVENO. Dos cuerpos iguales sea en masa, sea en volúmen, reducidos á la misma temperatura, contienen casi siempre cantidades desiguales de calórico.

Estas cantidades las significamos con la espresion calórico específico, el que por consiguiente comprende el calórico interpuesto y el combinado, é indica la cantidad total de calórico que contiene un cuerpo cuya temperatura es determinada relativamente con la que contiene otro cuerpo igual en masa y reducido á la misma temperatura. Decimos, pues, cuando dos cuerpos heterogéneos, iguales en masas y teniendo la misma temperatura, contienen cantidades desiguales de calórico, que el calórico específico del uno es al del otro como tal número es á tal otro.

De lo espuesto se deduce 1.º Que las palabras temperatura, capacidad y calórico específico son denominaciones adictas á números abstractos que pueden servir para establecer relaciones, y de consiguiente para fijar medidas.

2.º Que las espresiones calórico combinado y calórico interpuesto son empleadas para significar modos de estar del calórico.

La regla general para hallar la capacidad relativa de los diferentes cuerpos para el calórico, por lo que resul-

ta de los experimentos, es como sigue.

Si comparamos las cantidades de calórico que son necesarias para determinar un aumento de temperatura en volúmenes iguales de diferentes materias se verá que no son tampoco las mismas: el agua necesita mas de dos veces la cantidad de calórico que el mercurio para que iguales volúmenes adquieran tal temperatura dada.

Se han empleado diferentes métodos para averiguar las capacidades de los cuerpos, calculando las cantidades comparativas de calórico que contienen á diferentes temperaturas.

Lavoisier y La Place inventaron un instrumento llamado calorímetro con el mismo objeto; cuya descripcion, asi como la de todos los aparatos, máquinas y demas útiles á las demostraciones de los principios que se establecen, como de los multiplicados y numerosos fenómenos, que los mismos ofrecen, y tambien sus usos; son de la atribucion del Catedrático en la estension y latitud que dá á sus lecciones, presentándolos para el juego y desempeño de los experimentos y en este lugar es cuando trata en particular de ellos &c.

Se han hecho frecuentes experimentos para averiguar el calórico específico de los cuerpos, suspendiéndolos cuantdo elevados á cierta temperatura, en un medio frio y uniforme; hasta que han descendido la cantidad de grados correspondiente, notando el tiempo que cada sustancia ha empleado en la misma operacion y con igualdad de circunstancias; y se han hecho las deducciones de su calórico específico en razon de los tiempos empleados en su enfriamiento.

De cuanto se deja manifestado acerca de la capacidad de los cuerpos para el calórico y del calórico específico de los mismos, se hace evidente que existe entre ambas expresiones la mas íntima conexión; y de tal modo, que usamos frecuentemente de un término por otro, sin que pueda nacer de aquí la menor confusion.

La primera, capacidad, significa propiamente el poder relativo que tienen los cuerpos para recibir y retener el calórico á cualquier temperatura, recibiendo y retenien-

do unos mas y otros menos que otros; y la segunda, calórico específico, esplica la cantidad actual que contienen los cuerpos despues de haberla recibido y retenido.

Cualquiera que sea la causa de las diferentes capacidades de los cuerpos para el calórico, parece que recibe no poca influencia del estado de densidad en que aquellos se encuentran, aunque no con tanta precision que deba considerarse esta como invariable: el hidrógeno, que es el mas ligero de todos los cuerpos, tiene la mayor; y los metales, que son los mas pesados, la menor.

Suponiendo que el calórico consiste en partículas materiales, cuya tendencia le obliga á difundirse con igualdad por el espacio, parece natural que debe introducirse en mayor cantidad en aquellas sustancias cuyas partículas están mas separadas. Bajo este supuesto, las que tienen menos densidad deben tener mayor capacidad para dicho fluido: y como las partículas de diferentes cuerpos solicitan probablemente el calórico con diversos grados de atraccion, se ha imaginado que esta fuerza es la que determina las diferentes cantidades de calórico que retienen los cuerpos constantemente á un grado determinado de temperatura, sin que esta atraccion determine ninguna combinacion íntima ó química, sino quedando el calórico con todas sus propiedades naturales sin ser afectadas en lo mas mínimo.

Cantidad absoluta de calórico que contienen los cuerpos á cualquier grado de temperatura.

Calórico latente.

ARTICULO DIEZ. Todos los cuerpos contienen determinadas cantidades de calórico; y asi como no es imposible destituir enteramente á los cuerpos de este fluido, asi tambien nos es estraordinariamente difícil determinar que cantidad siguen conteniendo los mismos, despues de haber reducido su temperatura en lo posible.

Es importante el descubrimiento de que grandes cantidades de calórico deben penetrar el interior de los cuerpos, para facilitarles su paso al estado líquido si eran sólidos, y al gaseoso si líquidos.

Se designa con el nombre de calórico latente la cantidad de fluido calórico que puede ser absorbida por un cuerpo, sin que resulte ninguna influencia en su temperatura, siendo en cierto modo empleado únicamente en su dilatación: indican al contrario con el nombre de calórico sensible al que manifiesta su presencia en un cuerpo por una elevación sensible de temperatura.

Dejamos espuesto el modo de introducirse el calórico en los cuerpos y producir la separación de sus partículas: meditando un poco sobre el resultado de esta observación, se puede concebir mecánicamente la fusión de los cuerpos y su paso al estado de vapor. En este caso se concebiría que los cuerpos están en estado sólido, líquido ó aeriforme, según la relación entre la fuerza de cohesión que une sus partículas integrantes y la fuerza repulsiva del calórico. Cuando esta última fuerza es superior á la otra, los cuerpos son líquidos ó aeriformes; líquidos, cuando las moléculas se hallan en los límites de su esfera de actividad de su cohesión; y aeriformes cuando pasan de ella.

Se halla por experiencia que en el paso de un cuerpo sólido al estado de líquido, ó de un líquido el estado aeriforme, se absorbe una gran cantidad de calórico que no influye en nada para elevar su temperatura, lo cual hizo observar hace muchos años el Dr. Blak. Por ejemplo, mezclando una libra de agua á 75° con otra de hielo ó nieve á 0° , se obtienen dos libras de agua á 0° , luego los 75° se han empleado enteramente en fundir el cuerpo sin tener ninguna influencia sobre la temperatura. Esta experiencia parece conducir naturalmente á adoptar la idea de una combinación del cuerpo con el calórico, que pierde entonces la propiedad de calentar, precisamente del mismo modo que los cuerpos que se combinan entre sí pierden por lo regular sus propiedades individuales. Resultan de estos nuevos cuerpos cuya temperatura puede estar elevada ó rebajada cuando una cierta cantidad de calórico libre se les añade ó se les quite. Debe, pues, ser considerado el estado líquido como cierta combinación determinada de un cuerpo sólido con el fluido calórico, y el estado aeriforme como una combinación de otro orden.

Mirado el fenómeno de este modo, adoptarémos aquí las espresiones, tales como las definidas con los nombres de calórico latente y calórico libre.

Deduciéndose de lo espuesto que el calórico que se introduce en los cuerpos les facilita el paso al estado fluido, contrarrestando el poder de cohesion ó de atraccion molecular, obligando á las partículas de la materia á constituirse á mayores distancias, facilitándoles el movimiento respectivo de que estaban privadas por su primitiva atraccion íntima.

Cuando una sustancia permanece en estado sólido, las moléculas se atraen mutuamente con mucha mayor fuerza en una direccion que en otra; por cuya razon toman una particular posicion oponiendo mayor resistencia, que será distinta segun las especies de cuerpos de que se trata, á cualquier fuerza que se oponga á la admision de la forma que intentan afectar por dicha ley: pero cuando las mismas han pasado á constituir el estado fluido de los cuerpos que componen, se suponen que se atraen mutuamente en todas direcciones, pudiéndose mover por el mas pequeño impulso, aunque su atraccion haya apenas disminuido en fuerza.

Muchos fisicos han pretendido que el estado sólido es el estado natural de los cuerpos, pero esta asercion es aventurada é inaveriguable: podemos fácilmente citar ejemplos de muchas sustancias que perseveran en diferente estado segun el calor mas ó menos considerable del clima en que se encuentran; así el éter sulfúrico, que es siempre líquido en el nuestro, se solidificaría en las regiones inmediatas al polo, afectando la forma gaseosa cerca del Ecuador.

Fluidéz.

ARTICULO ONCE. Todos los líquidos, escepto el alcohol, se han reducido á sólidos; y se cree que este tambien hubiera afectado la referida forma si hubiésemos podido disminuir suficientemente su temperatura, y lo mismo puede decirse acerca de los fluidos elásticos. Los sólidos que no sufren descomposicion en bajos grados de temperatura pue-

den convertirse en fluidos, y la mayor parte en gases; por el calor intenso producido por los inventos recientes.

Cuando los cuerpos que, siendo fluidos en su estado natural, pasan á sólidos, se dice que están elados, y cuando los que naturalmente son sólidos pasan á fluidos, se dice vulgarmente que están fundidos ó derretidos. El paso del agua y de los metales desde el estado sólido al fluido, procediendo de la misma causa, nos sugiere el poder considerar el agua como hielo derretido, con tanta propiedad como consideramos el estado fluido de las sustancias metálicas, metales fundidos.

No es posible en las circunstancias comunes hacer licuar muchas sustancias compuestas, particularmente de las que tienen origen animal ó vegetal, por razon de la descomposicion que comparativamente sufren á bajas temperaturas.

El hielo no puede elevarse á mayor grado de temperatura que la conocida de 32° sin licuarse, pero el agua en ciertas circunstancias puede bajar mucho mas sin helarse.

Las hermosas espigas que despuntan en diferentes direcciones, formando ciertos ángulos á través del agua al empezar la congelacion, y el aumento de volumen que se verifica en ella durante este proceder, prueban que en ciertas cristalizaciones las partículas de la materia tienden á unirse por determinados puntos; y el efecto de la agitacion para facilitarla puede explicarse, suponiendo que auxilia á las partículas en determinar su posicion mas propia para solidificarse.

Muchas de las circunstancias á que hemos aludido explicando el fenómeno de congelacion pueden ilustrarse haciendo referencia á la de otros fluidos.

Black observó muchas circunstancias que tienen lugar en la licuacion de otras sustancias que se referian á la doctrina del calórico latente; y era de opinion que los razonamientos que se aplican para explicar la licuacion del hielo, pueden aplicarse á la de los demas cuerpos.

El mismo es de opinion que la lentitud que se observa en ciertos cuerpos antes que tomen el estado de fluidéz, consiste en la cantidad de calórico que absorben hasta con-

seguir la necesaria para el objeto. La maleabilidad y ductilidad de los metales eran consideradas por el mismo como un efecto de absorcion de calórico.

Considero los metales, dice, como sustancias que tienen el poder de retener cierta cantidad de calórico latente, la cual les proporciona el ser ductiles, pero creo que puede estraérseles el calórico por medio de la agitacion violenta, compresion y friccion, amartillándolos fuertemente hasta darles otra forma. El hierro ductil, que es mas puro que el acero, contiene mas que este y manifiesta mas poder retentivo, no lo suelta sino á viva fuerza de martillo, ó por medio de una compresion violenta; cuando el acero se deshace de él, no solo por el martillo sino por medio de una repentina refrigeracion cuando se halla candente, como se verifica en la operacion de endurecerlo. El acero se hace enrojecer y se sumerge súbitamente en agua: así se endurece escesivamente y se constituye perfectamente inflexible ó quebradizo.

Debemos, pues, concluir que esta súbita y repentina refrigeracion le priva de retener la debida porcion de calórico latente, que sin duda habria llegado á obtener si se le hubiese permitido disminuir su temperatura poco á poco. El hierro, cuando calentado del mismo modo, pierde muy poco de su calórico latente.

LECCION L.

DEL VAPOR, CAUSAS Y EFECTOS: EVAPORACION:
DESTILACION: Y DE LOS MÉTODOS ARTIFICIALES DE PRODUCIR
GRADOS BAJOS DE TEMPERATURA.

Vapor, causas y efectos.

ARTICULO DOCE. Luego que un cuerpo ha llegado al estado líquido, los continuos esfuerzos del calórico le hacen inmediatamente manifestar una tendencia á reducirse en fluido aeriforme ó elástico; esta tendencia muestra tanta mas energía cuanto la presion sostenida por el líquido es menos fuerte; y en fin llega por último un término en que

la intensidad del calor vence á la fuerza de esta presion; en cuyo caso la temperatura del líquido no puede ya aumentar, empieza á hervir, y todo el calórico que penetra entre sus moléculas se emplea en hacerlas pasar al estado de vapor.

Se llaman vapores los cuerpos que, estando en forma de aire atmosférico, vuelven á tomar la de líquidos ó sólidos cuando la temperatura disminuye notablemente, ó cuando se les somete á una presion muy considerable.

Cuando un cuerpo sólido ha sido convertido en líquido, el calórico que absorbe para equilibrarse con los cuerpos que le rodean eleva su temperatura, y la dilata sucesivamente; pero bien pronto una nueva porcion de calórico se combina con alguna de sus moléculas, y las hace pasar al estado aeriforme.

En general los cuerpos que habitualmente son líquidos producen vapor á todas las temperaturas, cosa que todo el mundo ha podido observar con el éter, el espíritu de vino y el agua, los cuales disminuyen bastante rápidamente de peso cuando están al aire libre en vasos abiertos. Aun es este fenómeno mas notable con respecto al agua, pues se evapora aun en estado de hielo, lo cual puede observarse durante un tiempo seco y frío, en que las nieves y hielos esparcidos por el campo concluyen con desaparecer enteramente.

Todo el mundo ha podido observar tambien que los líquidos son mas volátiles unos que otros: así es que el éter y el espíritu de vino son mas volátiles que el agua: lo mismo sucede con los cuerpos que parecen fijos en la temperatura ordinaria: tales como les aceites crasos, el mercurio, &c. Su apariencia de fijos parece proceder sin duda de que estos líquidos exigen mas calórico que los otros para pasar al estado aeriforme, del mismo modo que las sales exigen mas ó menos agua para disolverse.

Es preciso concluir que la evaporacion de un líquido es debida enteramente al calórico, y que no influye de modo alguno la presencia ni la ausencia del aire en la cantidad de vapor producido. Unicamente se observa la diferencia de que en el vacío la evaporacion es instantánea mien-

tras que en un medio resistente es mas ó menos larga, lo que proviene del obstáculo mecánico que opone el fluido ambiente á la diseminacion de las partículas de vapor entre las suyas propias.

El vapor se mezcla con el aire del mismo modo que los fluidos aeriformes se mezclan entre sí, es decir, que las moléculas de vapor cuya afinidad para el aire es sumamente pequeña se aproximan á las moléculas de este fluido hasta la distancia que establece el equilibrio entre la presion total y el esfuerzo del calórico.

La cantidad de calórico que el vapor absorbe al formarse en el momento de la ebullicion es mas ó menos considerable sin duda segun los diversos líquidos.

Bajo la comun presion atmosférica, el agua no puede calentarse mas allá del punto de ebullicion; pero es puesta á mayor presion, puede elevarse mucho mas; y si el esceso de calórico no fuese bastante para convertirla toda en vapor, parte de ella se pondrá en libertad en estado de vapor al abrir el aparato, y la restante quedará á la temperatura de ebullicion.

Se han calculado en varias tablas la fuerza elástica del vapor de agua; como podrán verse en las obras modernas de química y fisica.

La facilidad con que el vapor comunica su vasto depósito de calórico á los cuerpos de menor temperatura, es conducente para infinitas operaciones de la vida doméstica y de las artes.

El calor aplicado por este medio es preferible al que procede de los combustibles, particularmente para las operaciones farmacéuticas y de tintes, para calentar baños y viviendas, para secar artefactos delicados y para las operaciones de cocina.

El vapor puede aplicarse de dos modos cuando se trata de calentar grandes cantidades de fluido: en el uno, el extremo del tubo conductor del vapor que sale de la evaporadora se sumerge en el líquido que se quiere calentar, lo que se logra á beneficio de la condensacion y desprendimiento de calórico del vapor. Se emplea este medio cuando el líquido no ha de elevarse mas que á una temperatu-

ra dos ó tres grados mayor que las del punto de ebullicion; pues por la condensacion del vapor podria llegar á contraer tan elevada temperatura que seria impropia en muchos de los casos que pueden presentarse.

El otro modo de emplearlo, es encerrando una vasija dentro de otra, permitiendo la entrada del vapor en el espacio intermedio: por este medio el líquido depositado en la vasija superior llegará á hervir mucho mas pronto, que si hubiese sido espuesto á la accion de cualquier fuego candente.

La circunstancia de poderse calentar el aire por el vapor le hace admisible para verificarlo con nuestras viviendas, conciliando de este modo el alivio deseado con la limpieza y seguridad.

Los tubos de hierro colado se consideran los mejores para difundir calor, los que deben colocarse inmediatos al pavimento.

El vapor es, finalmente, el mas á propósito para preparar los alimentos: un recipiente cerrado, de cualquier especie puesto en contacto con una fila de vasijas para guisar, las hará llegar al punto de ebullicion, y las mantendrá en él mientras el agua del recipiente se halle en el mismo estado.

Los alimentos preparados por este medio son tenidos por mas nutritivos y mas fáciles de digerir que los que lo son por los medios ordinarios.

Evaporacion.

ARTICULO TRECE. La doctrina del calórico latente se ilustra plausiblemente por los efectos de la evaporacion.

Puesto que los fluidos cuando se evaporan necesitan grandes cantidades de calórico; el cual queda latente para el estado de expansion que los constituye vapor, toda evaporacion producirá frio.

Bajo este supuesto, las lluvias abundantes en verano refrescan la superficie de la tierra, porque el agua esparcida sobre ella, evaporándose vivamente absorberá grandes cantidades de calórico.

Los naturales de la India son sùpamente diestros en saberse valer de los efectos de la irradiacion y evaporacion para suplir el defecto de hielo, quando la temperatura de la atmósfera es muy elevada. Hacen escavaciones de unos treinta pies cuadrados y dos de profundidad en las grandes llanuras de Calcuta; las llenan en el fondo hasta un pie de altura de cañas de maiz y de azúcar: sobre este lecho se colocan unas hileras de vasijas de tierra porosa sin vidriar, de una pulgada y cuarto de altura, las cuales se llenan á puesta de Sol, en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, de agua depurada de aire por el hervor, y quando se ha enfriado, al amanecer encuentran mucha parte del agua congelada, cuyo hielo es sumergido en un pozo profundo, preparado con una capa de paja que sigue por las paredes hasta la boca del foso, el cual se tapa tambien con paja, dejándolo guarecido con un techo de hojarasca y enramada.

La estraordinaria absorcion de calórico en el hecho de la evaporacion se ilustra admirablemente con el fenómeno de la traspiracion.

La temperatura ordinaria del cuerpo humano es de 96 á 98°, pero quando hacemos un ejercicio violento ó nos esponemos á la accion de un grado fuerte de calor, experimentamos una tendencia á elevar dicha temperatura, nociva ciertamente á la salud.

En la India, en lugar de tabiques, se separan frecuentemente las viviendas con cortinas, que para refrescar el aire que las rodea están continuamente empapadas en agua, consiguiendo que la temperatura se disminuya de unos 10 á unos 15° por la rápida evaporacion ocasionada.

Para refrescar el vino es muy apróposito emplear vasijas de tierra porosa vacias, pero bien empapadas en agua, la cual empezando á evaporarse roba de las botellas toda la grande cantidad de calórico que se necesita para que el agua se convierta en vapor.

Las carabanas que atraviesan los desiertos de la Arabia, cargan camellos con vasijas de esta especie, y conservan el agua fresca por un proceder semejante, pues cuidan continuamente de tener las vasijas rodeadas de paños

de lienzo humedecidos, para que se verifique una continua evaporacion.

Cuando la superficie de nuestro cuerpo ha verificado una grande traspiracion por haberse espuesto á una temperatura elevada, y la ropa queda mojada por dicho efecto, hay un peligro eminente en esponerse á la accion de un aire de menor temperatura, en razon del frio producido por la evaporacion, estando el cuerpo entonces sujeto á disminuir considerablemente su natural temperatura.

Destilacion.

ARTICULO CATORCE. En el proceder que se verifica en la destilacion para obtener el alcohol llamado comúnmente espíritu de vino, el fluido producido por fermentacion se ha de separar del agua con que está mezclado, y el mejor alambique es el que dá por resultado mayor cantidad de alcohol con menos dispendio y sin comunicarle ningun sabor desagradable.

El principio sobre que se efectúa la separacion es la volatilidad del alcohol, que siendo mucho mayor que la del agua, afecta el estado gaseoso mucho mas pronto que ella.

El vapor, pues, en que se transforma, pasando por el contacto de superficies frias, es privado de su calórico latente y condensado en líquido, lo cual se consigue continuando el proceder gradualmente haciendo pasar el vapor á través de un tubo espiral ó serpiente descendiente, sumergido en grande cantidad de agua fria, renovada con frecuencia.

Como las variedades de la evaporacion de destilar son muy numerosas, solo nos limitaremos á explicar los principios generales.

El siguiente experimento nos auxiliará en la explicacion del proceder importante y sencillo de la destilacion del alcohol.

En un alambique de vidrio, póngase una mezcla de una parte de espíritu de vino, y siete ú ocho de agua te-

ñida con carmin ó sulfato de añil: antes de introducirse en el alambique, enciéndase un pedazo de papel, y sumérjase en la mezcla, y se apagará al momento, lo que probará que no es inflamable: aplíquesele luego el calor de una lámpara de espíritu de vino, y á poco quedará turbia la parte inferior del alambique por la humedad producida: una parte del espíritu de vino se levantará en vapor, y al llegar al contacto de las paredes del alambique se condensará, pero muy en breve estarán demasiado calientes para condensarlo, y entonces ascenderá á la parte superior del alambique, y condensado allí por la frialdad de las paredes, bajará por el tubo de comunicacion al recipiente, toda la parte de el que no lo verificó, y se condensará allí. Poco tiempo despues la mezcla colorada hervirá, y se verá acumulada en el recipiente una pequeña cantidad de líquido puro y sin color, el cual si se traslada á una pequeña taza y se le aplica una llama, se inflamará al punto hasta desaparecer: por donde se prueba que de una mezcla colorada no inflamable se obtiene un espíritu puro sin color é inflamable, por el procedimiento de la destilacion.

Todos conocen lo que es un alambique, y las obras de Química tratan de su descripcion, diferencias y usos.

Tambien puede verificarse la destilacion en el vacío con menos grados de temperatura, lo que se ha practicado con utilidad para varios objetos y cuando se desea obtener excelentes productos.

Acerca de la causa de la licuacion, vaporizacion y otros fenómenos hasta aquí descritos, hay diferentes opiniones.

Unos reconocen por causa la absorcion de calórico que se combina con los cuerpos que pasan del estado sólido al líquido hasta que vuelven á afectar la forma sólida, y con los que del estado líquido pasan al gaseoso con la misma circunstancia. Otros al contrario pretenden que cuando el calórico es absorbido por los cuerpos al mudar de estado, no entra con ellos en combinacion, sino que existe en ellos del mismo modo que el natural antes contenido, considerando que el acrecentamiento de calórico les es absolutamente necesario en razon á su mayor capacidad adquirida en su cambio de estado.

Los argumentos que se han producido en defensa de cada una de estas opiniones son fuertes é ingeniosos, aunque la preponderancia de probabilidad puede que acaso esté en favor de la última.

Métodos artificiales de producir grados bajos de temperatura.

ARTICULO QUINCE. Un frio intenso puede ser producido por los principios de la rápida absorcion de calórico por los cuerpos, al pasar de su estado sólido al de fluidéz. Los efectos que producen todas las mezclas frigóricas estriban en este principio. Sustancias sólidas salinas son empleadas con acierto para este objeto, siendo algunas de ellas bastante preferibles á otras.

Varios son los medios empleados á tal objeto; pero el mas generalmente usado estriba en la mútua accion que ejercen el hielo y nieve, y las diferentes sales en estado sólido unas sobre otras.

Para formar las mezclas frigóricas en que deben entrar sustancias salinas, es necesario procurar que sean de las recientemente cristalizadas, sin contener humedad ni efflorescencia, y finamente pulverizadas. Los materiales frigóricos deben ser perfectamente mezclados y con la brevedad posible; la vasija que los contenga, capaz solamente en cuanto sea menester, y la sustancia para helar debe ponerse en instrumento de muy fino vidrio ó de cristal. Cuando es nieve la que se emplea, debe procurarse que sea ligera y seca, y si es posible, caída de poco. Antes de principiar el experimento es menester á veces enfriar los materiales, lo que se ejecuta separándolos en vasijas de vidrio delgado ó de estaño, en comunicacion con las mezclas frigóricas, tomando la debida precaucion de no enfriarlas á punto mas bajo del en que ejercen su accion mútua. Para confirmacion de esta circunstancia sirva de ejemplo, entre otros, que la nieve y la sal comun no tienen accion una sobre otra cuando mezcladas á la temperatura de 10° de Fahrenheit.

La accion de los ácidos sobre la nieve produce igualmente grandes grados de frio.

LECCION LI.

DE LOS TERMÓMETROS Y PIRÓMETROS EN GENERAL, Y EN PARTICULAR: SUS DIFERENCIAS, USOS Y APLICACIONES.

Termómetros.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. Los antiguos ignoraban un modo mas exacto de señalar las variaciones de la temperatura, que el que procedia de las indicaciones de los sentidos, y el limitado conocimiento que adquirian observando el derretimiento ó combustion de diferentes sustancias.

En tiempos modernos se han inventado algunos instrumentos para notar los grados variables de calor y de frio los cuales se conocen con los nombres de termómetros ó termóscopos, pirómetros ó piróscopos, y están en uso en todas las partes del mundo civilizado.

Sus nombres se derivan de las voces griegas *thermos*, *pyr*, que significan calor, fuego, y *metron*, *skopos*, medida, investigador.

El principio que sirve de base á la construccion de estos instrumentos es la mudanza que todo cuerpo experimenta en su volúmen, por la alteracion de su temperatura.

Todo cuerpo homogéneo, á escepcion del agua, se dilata á pocos grados del punto de congelacion y se contrae con el frio.

La denominacion de termóscopo ó piróscopo pudiera haberse aplicado con mas propiedad á estos instrumentos, pero siguiendo el uso comun, nos valdrémos del término general termómetro para designar los instrumentos de los cuales dependen las expansiones de los cuerpos aeriformes y líquidos, y llamaremos Pirómetros á aquellos en que la expansion de los sólidos es la medida de la elevacion de la temperatura.

Los termómetros se construyen con cuerpos sólidos, líquidos, ó con gases. Debe conocerse por lo que hemos

manifestado acerca de la dilatacion de los cuerpos, que hay muchas dificultades para su construccion.

De todos estos instrumentos el que parece desde luego mas fácil en corregir los errores, es el termómetro de gas ó de aire, porque los fluidos aeriformes se dilatan uniformemente, y desde entonces no se necesita mas que conocer la ley de las dilataciones del tubo ó bola que los cubre, es decir en que están encerrados.

Los termómetros líquidos son los que están mas en uso: pueden emplearse en su construccion líquidos de diversas especies, pero al mercurio es al que se dá la preferencia: 1º Porque no se pega á las paredes del tubo. 2º Porque antes de hervir sufre una temperatura mas alta que los demas líquidos. 3º Porque siendo mejor conductor que otros muchos, se pone mas pronto y mas fácilmente en equilibrio de temperatura; y 4º porque las irregularidades que manifiesta en su dilatacion, son compensadas sensiblemente entre la temperatura del hielo al punto de deshelarse y la del agua hirviendo, por las correspondientes variaciones del tubo de vidrio.

1º Para construir un termómetro de espíritu de vino ó de mercurio, debe observarse lo siguiente: despues de tener el líquido dentro de un tubo preparado para ello, se le introduce en el hielo al derretirse y se señala cero en este punto para la division llamada de Deluc ó de Reaumur y para el centígrado: y para la de Fahrenheit 32 en el mismo punto; despues se coloca el mismo tubo ó termómetro en agua hirviendo, y señala el punto á que sube el líquido, si la distancia ó espacio comprendido, entre los dos puntos del hielo y del agua hirviendo, se divide en 80 partes iguales, que se llaman grados, se tiene la division de que usó Reaumur, y que se conserva todavia con su nombre; dividiendo esta distancia en cien partes iguales, se tiene la division del termómetro centígrado, y dividiendo este espacio en 180 partes iguales, se tiene la division denominada de Fahrenheit. En todas las divisiones se señalan por la parte de abajo de hielo partes iguales, y en la division 32 por abajo del hielo, se pone cero en la de Fahrenheit, porque en este punto fijo cor-

responde al frio producido por una mezcla de sal marina y nieve.

Para construir un termómetro, es necesario escojer un tubo capilar perfectamente cilíndrico, á fin de que dividiéndole en partes iguales tenga cada division la misma capacidad: este tubo se terminará por una ampolla ó por un espiral: despues se introducirá el mercurio que se habrá cuidado de purgar bien de aire. Pero como será imposible introducir este líquido en un tubo tan estrecho por medio de un embudo, se calienta la ampolla para dilatar el aire que encierra y hacerla salir: en seguida se sumerge la estremidad abierta del tubo en mercurio bien puro, seco y caliente: este líquido se introduce en virtud de la presion de la atmósfera á medida que se enfria el tubo. Este así lleno, se calienta bastante para dilatar el mercurio y hacerle salir, de modo que volviendo el resto á la temperatura ordinaria, no llene mas que una parte del tubo: se derrite este tubo por su estremidad, mientras el mercurio dilatado se eleva aun hasta su cima, y se le cierra así herméticamente, es decir con la misma materia del tubo.

Los demas termómetros son: el de Reaumur, que debería llamarse de Deluc, porque el de aquel, que era de espíritu de vino, difiere totalmente del que hoy lleva este nombre y se divide en 80 partes iguales desde el término del hielo derretido en que se halla el cero, hasta el del agua hirviendo.

El termómetro de Celsius ó centígrado, usado mucho tiempo ha en Suecia y actualmente en Francia, se divide en cien partes entre los dos puntos fijos.

En el termómetro de Fahrenheit el intervalo entre los dos puntos fijos se divide en 212 partes. El cero del nuestro, coincide con el grado 32 de este, lo que dá 180 desde este término hasta el del agua hirviendo.

En el termómetro de De-Lisle el cero se halla en el punto fijo que es el término del agua hirviendo. Los grados bajo de este, son diez millonésimas de la capacidad de la bolla y del tubo. Nuestro cero (esto es el de Reaumur) corresponde al grado 150 de esta escala descendente.

Es conveniente y muy útil el tener ciertas fórmulas pa-

ra convertir una escala en los grados equivalentes de las otras dos. El punto de congelacion del agua está á los 32° en la escala de Fahrenheit; y á cero en las de Celcio y Reaumur, y el de hervor, respectivamente en cada una á los 180° , 100° y 80° sobre el punto espresado. Asi es que los grados de Fahrenheit son con respecto á los de Celcio, con $180:100=18:10=9:5$; y á los de Reaumur como $180:80=18:8=9:4$ —, ó 9° de Fahrenheit son iguales á 5° de Celcio y á 4° de Reaumur. Por consiguiente, cuando querrémos convertir en grados de Fahrenheit los de Celcio, deberémos multiplicar el número de estos por 9, dividir el resultado por 5, y añadir 32; y para reducir á grados de Celcio los de Fahrenheit, el inverso de la proposicion dará el resultado requerido; esto es, se restará 32 del grado de Fahrenheit, y multiplicando por 5, se partirá por 9. Si se quiere reducir los grados de Reaumur á los de Fahrenheit, se multiplicará por 9 y dividirá por 4, añadiendo 32 al resultado; y restando 32 del grado reduciendo de Fahrenheit, se multiplicará el número sobrante por 4, y dividiendo por 9 resultará el grado equivalente en la escala de Reaumur.

Estas fórmulas tienen aplicacion á todos los grados superiores al punto de congelacion del agua: pero cuando han de convertirse los grados negativos de Celcio en los equivalentes de la escala de Fahrenheit, se multiplicará el grado de Celcio por 9, dividiéndose en seguida por 5, y la diferencia que resulte entre el cociente y 32, dará el grado requerido de Fahrenheit. Cuando se hayan de reducir los grados negativos de Fahrenheit á sus equivalentes en la escala de Celcio, añádase 32 al grado reduciendo de Fahrenheit, multiplíquese por 5, y divídase por 9 sustituyendo 4 á 5, la misma fórmula será aplicable á Fahrenheit y Reaumur.

El termómetro de aire inventado por Amotons es un tubo de vidrio que bajando recto al principio, despues se retuerce hácia arriba y termina en una bola ó ampolla la cual en gran parte está llena de aire: el resto del espacio está ocupado por un líquido que tambien se eleva en parte en el ramo ó cañon del tubo. Cuando se calienta el ai-

re de la bola, se dilata y hace subir al licor por el tubo. Este termómetro es muy sensible y puede indicar la mas pequeña cantidad de calórico.

Ademas, como el aire se dilata uniformemente para todos los grados de temperatura, parece susceptible de mucha exactitud, corrigiéndole sin embargo la dilatacion del vidrio. Las esperiencias de Gay-Lusac han hecho ver que la marcha de este termómetro es sensiblemente igual á la del mercurio, á lo menos desde cero hasta 100 grados: y los Sres. Dulong y Petit han experimentado nuevamente esta semejanza.

Tambien hay el termóscopo, que es una especie de termómetro de aire, que solo indica las diferencias de temperaturas: ha sido imaginado por Rumford para las esperiencias que tienen relacion con el calórico radiante; y consiste en un tubo de vidrio terminado por dos bolas llenas de aire: encierra una gota de licor colorado que se llama index. Si se calientan igualmente las dos bolas, hallándose el aire en el mismo grado de elasticidad, el index permanece estacionario; pero si una de las bolas está mas caliente que la otra, el index se vá hácia el lado de la bola mas fria en virtud de la diferencia de las fuerzas elásticas. Este instrumento es estremamente sensible, y muy apropiado para indicar los menores grados de calor acumulado en un punto antes que sea afectado de él el aire inmediato. Presentando la mano á una bola á tres pies de distancia, se vé al momento al index dirigirse hácia el lado opuesto. Aun es mas sensible el efecto si la bola á la cual se presenta la mano está cubierta de una materia negra.

Termómetro sólido. Tambien se han construido diversos termómetros con metales sólidos. El mas sencillo consiste en una lámina de laton aplicada sobre una lámina de vidrio: alargándose ó acortándose el metal, hace mover á una aguja cuya estremidad describe grandes arcos de círculo, y marca los grados sobre una escala circular.

Hay otros varios termómetros de cuyas descripciones tratan las obras de Física modernas, en las que se detalla el diferencial de Leslie, el de Breguet, &c., &c.

Debe ponerse el mayor cuidado en la preparacion y

graduacion de los termómetros y ninguna precaucion estará de mas para construir un termómetro que aunque pequeño y de poca importancia en la apariencia, es de la mayor utilidad para los progresos de las ciencias naturales y exactas.

Usos y aplicaciones.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Las indicaciones que nos dá, són los bases de toda la teoría del calor: él es el regulador de todas las operaciones químicas; el Astrónomo le consulta á cada instante en sus observaciones para calcular el desvío que los rayos luminosos emanados de los astros sufren al travesando la atmósfera, que los rompe y encurba mas ó menos, segun su temperatura.

Al termómetro se debe todo lo que se sabe sobre el calor animal producido y mantenido por la respiracion; él es el que fija en cada paraje la temperatura media de la tierra y del clima, el que nos manifiesta el calor terrestre, que es constante en cada paraje y va disminuyendo de intensidad desde el Ecuador hasta los polos que permanecen constantemente helados; él tambien nos enseña que el calor decrece á medida que uno se eleva en la atmósfera hácia la region de las nieves perpétuas, ó cuando uno se sumerge en los abismos de los mares, de donde resultan las mudanzas progresivas de la vegetacion á diversas alturas.

Pirómetros.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. La imposibilidad de aplicar las modificaciones conocidas del termómetro á los cuerpos muy caldeados, indujo al célebre Musschenbroek, hácia mediados del pasado siglo, á emplear las expansiones de las varas sólidos de metal, para indicar la temperatura de estos cuerpos; dando á su invento el nombre de pirómetro.

Los hay de varias clases; pero quizá no hay uno que completamente llene el objeto deseado: los grandes defectos de la mayor parte de ellos son; 1º no ser portátiles; 2º no prestarse tan cómodamente á las observaciones como

el termómetro ordinario que se pone fácilmente en contacto con tal ó tal cuerpo, y 3.º no ser comparables con el termómetro.

El pirómetro de Wedgwood que es el mas usado, se reduce á una plancha de metal que tiene una canal, cuya base es trapecial: se pone un cilindro de arcilla dentro de un crisol, en el horno ó paraje cuya temperatura elevada se quiere observar: se introduce por el parage mas ancho de la canal; y como segun haya sufrido mas calor se habrá contraido mas, bajará mas en la canal y señalará mayor grado de calor.

Los Sres. Breguet, célebres artistas de cronómetros, acaban de construir un elegante y delicado pirómetro ó termómetro metálico, el que consiste en un helix formado de tres metales de desigual expansibilidad. La lámina exterior de este delicado helix es de plata, la interior de platina, y entre ellas hay otra de oro. Solo dos son necesarias para la perfecta accion del instrumento: mas á causa de la distinta expansibilidad que existe entre la plata y la platina, estarian espuestas á separarse con las mudanzas repentinas de temperatura: por cuya razon se les interpone una lámina delgada de oro, que tiene una expansibilidad intermedia.

Hemos manifestado que tanto los termómetros, como los pirómetros se habian contruidos, segun el objeto é idea de sus Autores, constando sus respectivas descripciones en las obras de física y quimica del dia.

Asi que el instrumento conocido por termómetro de registro, fué inventado para registrar sus propias indicaciones, aun quando no estuviese presente el observador.

El termómetro diferencial para la irradiacion del calorico: el termóscopo de Rumford: el higrómetro termométrico ó higrómetro de Leslie, y otros como el piróscopo estrióscopo &c., y cuyos mecanismos se hallan consignados en las mencionadas obras.

Usos y aplicaciones.

ARTICULO DIEZ Y NUEVE. Hay algunas aplicaciones de los diferentes instrumentos ideados para medir el calorico á

ciertos objetos útiles, los cuales deben hallar lugar en la historia del instrumento: aludimos particularmente al termómetro estático del Dr. Cumming, al termómetro de balanza de Mr. Kewley: al instrumento higrométrico de Mr. Daniell, y al termómetro barométrico de Mr. Wollaston.

El termómetro estático del Dr. Cumming, fué inventado por este filósofo; con el objeto de abrir y cerrar las ventanas y ventiladores de los aposentos, por las variaciones en la temperatura del aire incluido.

Dirigió el Dr. Comming su atencion á la necesidad que habia de conservar una atmósfera arreglada en las habitaciones de los enfermos, ya fuese en los establecimientos públicos de convalecencia, ya en las casas particulares; y el invento que acabamos de mencionar fué ideado por él con el fin de obtener este importante objeto; mas halló al instante que este principio podia aplicarse á varios fines meteorológicos; y el instrumento ha experimentado, bajo su direccion, varias modificaciones y mejoras, hasta que ha llegado á ser base de un termómetro, higrómetro y fotómetro, capaces de registrar sus propias indicaciones con el auxilio de una máquina de reloj en cualquier tiempo dado.

El termómetro de balanza de Mr. Kewley es una invencion ideada á semejante objeto.

El higrómetro de Mr. Daniell, para juzgar por la temperatura en que empieza á depositarse el rocío, la humedad del aire.

Y últimamente el termómetro barométrico de Wollaston ideado con el objeto de medir alturas, observando las diferentes temperaturas en las cuales hierven los espíritus á diversas elevaciones, fundándose sobre el principio indicado primero por Fahrenheit, de que el hervor de un fluido varia con la presion de la atmósfera.

El principio sobre el cual obran el termómetro y el pirómetro es la tendencia que tiene el calórico á difundirse entre los cuerpos contíguos. Cuando se aplican á un cuerpo caliente, adquieren de aquel cuerpo una porcion de calor; y cuando se aplican á un cuerpo frio, comunican á aquel cuerpo una porcion de su propio calórico. Estas alteraciones en la cantidad de su propiedad

lórico están indicadas por otras en el volúmen del fluido termométrico ó pieza pirométrica; y tales instrumentos, por consiguiente no hacen otra cosa que mostrar cierto exceso de calor comunicado al cuerpo mas frio por el cuerpo mas caliente. Por este motivo los nombres de termóscopo y piróscopo son mas adecuados á semejantes instrumentos que sus designaciones mas comunes.

Ademas de este método de averiguar la cantidad comparativa del calórico en los cuerpos, hay otro fundado en el hecho, de que el hielo al derretirse absorbe una cantidad uniforme de calórico, lo que se verifica por los experimentos ejecutados con el aparato, que hemos denominado calorímetro.

CAPÍTULO XV.

LECCION LII.

DE LA LUZ EN GENERAL: LUZ DIRECTA Ú ÓPTICA: FENÓMENOS DE LA DIFRACCION É INFLECCION: ANILLOS COLOREADOS: TEORÍAS DE LAS INTERFERENCIAS, Y LUZ.

Luz en general.

ARTICULO PRIMERO. La luz es un fluido perfectamente elástico, que cuando obra sobre nuestros ojos produce la claridad y nos hace ver los objetos, dando el color y brillo á todas las producciones de la naturaleza.

La luz, como tambien la oscuridad, no son mas que estados relativos á nuestros órganos; estamos dotados de la facultad de percibir los objetos solo cuando la luz tiene una cierta intensidad; pero diferentes seres pueden tener otros límites de visibilidad; y en efecto, la historia natural nos ofrece mil ejemplos de animales, que pueden sufrir sin incomodidad una luz mas intensa que nosotros, ó que ven con una cantidad de luz que es para el hombre la mas oscura noche.

La luz á la superficie de nuestro globo proviene de un número bastante considerable de causas y manantiales

diferentes; pero el mas poderoso, el mas abundante, aquel cuya importancia en la mayor parte de los fenómenos naturales es inmensa, es sin duda el sol: su naturaleza, su modo de obrar sobre el fluido etéreo nos son desconocidos; mas siempre es constante, que cuando se halla sobre nuestro horizonte, imprime al fluido que nos rodea un movimiento, en virtud del cual así el Sol como todos los cuerpos que reciben su influencia nos son perfectamente visibles, del mismo modo cuando se halla por bajo del horizonte una oscuridad mas ó menos completa sucede á la mayor claridad, nueva prueba de que ha desaparecido una causa poderosa de produccion de luz.

Entre los astros hay algunos, como la Luna, los planetas, que no nos son visibles, sino porque nos envían la luz que reciben del Sol; pero el mayor número parecen luminosos por si mismos, es decir, dotados de una propiedad análoga á la del Sol.

Estos manantiales de luz son generales, mientras que los otros parecen solamente accidentales, pero siguen las mismas leyes; por esta razon se aplican indiferentemente las esperiencias y los ratiocinios á la luz solar y á las diferentes luces terrestres. Entre estas últimas, aquella que acompaña á un gran número de combinaciones de los cuerpos merece principalmente fijar la atencion. En una multitud de operaciones químicas hay produccion de luz y de calor: los volcanes son un ejemplo natural; el fuego que mantenemos en nuestros hogares, la luz que nos alumbra son unas combinaciones químicas, causas productrices del calor y de luz.

Las auroras boreales y la electricidad son tambien manantiales de luz que obran en ciertas circunstancias. Muchos cuerpos, aun de los orgánicos, son naturalmente luminosos: tales son los llamados fosforecentes.

La mayor parte de los cuerpos que han estado espuestos á una luz muy viva son despues luminosos por mas ó menos tiempo. Los cuerpos blancos son casi siempre visibles, sea por la gran cantidad de rayos que reflejan, sea porque son fosforecentes. En fin el choque, la compresion, el frotamiento; segun demuestran una multitud de espe-

riencias, vuelven luminosos á los cuerpos que parecen debían reusarse imperiosamente á adquirir esta propiedad.

No podemos negar nuestra ignorancia sobre las causas primitivas de todos estos fenómenos, pero debemos decir que un gran número de analogías parece referirlos á los fenómenos eléctricos: del mismo modo que hemos visto que varios efectos caloríficos se atribuían á las mismas causas.

Los cuerpos relativamente á la luz, presentan diferencias muy notables; así los unos como el Sol, los cuerpos encendidos despiden luz alrededor de sí, es decir, son focos que ponen en movimiento al fluido-etéreo: se dice que estos cuerpos son luminosos por sí mismos.

Los otros despiden en todo ó en parte la luz que han recibido, es decir, propagan el movimiento vibratorio del fluido, haciéndolo padecer diversas alteraciones. Estos cuerpos, que se llaman iluminados, no son visibles sino cuando se hallan en presencia de los primeros.

Entre los cuerpos iluminados hay unos que dejan pasar la luz en mayor ó menor cantidad, como los gases, la mayor parte de los líquidos, un gran número de cristales y la mayor parte de los sólidos cuando están suficientemente adelgazados: se dice en este caso que estos cuerpos son transparentes ó traslucidos. Pero hay otros que detienen la luz en todo ó en parte, estos son los cuerpos opacos.

¿Pero cual es la materia que forma así el intermedio entre los objetos y nuestro órgano, y que nos procura de este modo la sensacion de los cuerpos distantes? ¿Cual es la causa de la visibilidad?

¿Es acaso una materia emanada de nuestro ojo, y que vá á rodear á los cuerpos, como lo pensaban los antiguos, opinion que se refuta por sí misma? ¿Es al contrario como ha enseñado Newton, una emanacion de partículas de parte del cuerpo luminoso ó iluminado, ó bien segun la opinion mas general de los fisicos moderos, es un fluido universalmente repartido, que, por movimientos vibratorios semejantes á los del aire cuando nos trasmite el sonido, produce los fenómenos de la vision?

En las consideraciones generales sobre los fluidos im-

ponderables hemos procurado dar ya una idea del modo de explicar los fenómenos en estas dos teorías, y sin desechar absolutamente la de las emanaciones, hemos anunciado que adoptariamos la de las vibraciones, pues abrazando todos los fenómenos, los explica sin el socorro de suposiciones gratuitas demasiado frecuentes.

No nos detendremos de nuevo sobre la comparacion de estos dos sistemas, cuya eleccion sin embargo está bien distante de ser indiferente, aunque los dos se presten mas ó menos bien á la explicacion de los hechos observados.

El estudio de estas diversas propiedades de los cuerpos ha hecho reconocer y ha conducido á la explicacion de todas las circunstancias de la marcha de la luz.

Asi despues de haber indicado brevemente las causas y los manantiales de la luz; despues de haber dado á conocer toda la importancia de examinar atentamente el modo de obrar de un ser que vivifica toda la naturaleza, sin el que nuestros conocimientos serian tan limitados que no podriamos sostener nuestra existencia, pasemos á estudiar las leyes á que está sometido.

La óptica, que encierra todo lo concerniente á la luz directa, su marcha, su velocidad en el espacio, será el primer objeto.

Despues estudiaremos los fenómenos que presenta la luz, pasando cerca de las estremidades de los cuerpos ó al traves de laminas muy delgadas.

El siguiente será la aplicacion á los diversos fenómenos que presenta la luz, y espondremos asi su teoría completa, lo que facilitará infinitamente la inteligencia de los detalles ó pormenores, y abreviaremos su estudio.

La catóptrica, que comprende los fenómenos de la luz refleja á la superficie de los cuerpos será otra de nuestra atencion.

Nos ocupará en seguida la dióptrica; que tiene por objeto la luz refractada, es decir, desviada de su marcha natural, penetrando en los diferentes medios.

Tambien lo será la cromática, ó la ciencia de los colores, que no es mas que el resultado de la luz refleja ó refractada, y explica los fenómenos de la coloracion de los cuerpos.

Después tendrá lugar la esplicacion de los fenómenos de la vision y de los errores de óptica. La descripción del ojo, y los medios de remediar los defectos de la vista.

En seguida daremos una idea del uso y de la construccion de los principales instrumentos de óptica; en fin terminaremos con la esposicion de los fenómenos de la doble refraccion y de la polarizacion de la luz, que forman en el dia una parte de la teoría de la luz, muy estensa á la verdad, y casi debida enteramente á los trabajos de los físicos modernos.

Óptica ó luz directa.

ARTICULO SEGUNDO. *Optica*: Palabra derivada de la voz griega, que significa ver, es la ciencia que trata de la vision, y generalmente de la naturaleza y propiedades de la luz, con las modificaciones que sufre en sus cualidades y direccion, cuando pasa á través de diferentes medios, como el agua, el aire ú otros cuerpos diáfanos de distintas formas, cuando es reflectada por superficies ó cuando pasa á través de ellas á cortas distancias.

La naturaleza de la luz no ha sido averiguada hasta ahora; pero como hemos manifestado, se han sostenido dos opiniones totalmente diversas acerca de su origen y propagacion. Los unos suponen que está formada de partículas materiales emitidas por el cuerpo luminoso en todas direcciones y con gran velocidad, mientras los otros creen que es un fluido difundido por toda la naturaleza, en el que se producen ciertas undulaciones por la accion del cuerpo luminoso, las que se propagan del mismo modo que el sonido: pero cualquiera que sea la naturaleza de la luz y su trasmision de un punto á otro del espacio, tiene ciertas propiedades generales descubiertas por la esperiencia y la observacion.

La luz se propaga en todas direcciones desde cada punto visible de los cuerpos luminosos.

Si ponemos un pliego de papel delante de una vela, del Sol, de un cuerpo en estado de encandecencia ó de cual-

quier otro manantial de luz, verémos el papel iluminado ó cubierto de ella en cualquiera posicion que lo tengamos, con tal que la luz no sea obstruida por su borde ó por otro cuerpo; y si examinamos la superficie iluminada verémos que no queda ningun espacio ó intervalo destituido de luz.

Todos los cuerpos naturales y artificiales que no son luminosos por sí mismos se hacen visibles por la luz que procede de cuerpos que lo son, como el Sol ó la luz artificial.

Cuando los rayos del Sol hieren á una planta, la vemos con toda su brillantéz y hermosura: si una nube intercepta la luz, aun la vemos aunque con menos brillo, haciéndose visible por la que procede de la nube que es iluminada por el Sol, y cuando este se halla debajo del horizonte de modo que no pueda iluminar á las nubes, la planta deja de percibirse.

Todos los cuerpos naturales y artificiales reflejan la luz en todas direcciones y del mismo color que el de ellos, apesar de ser blanca la del Sol que los hiere y los hace visibles.

Se ha supuesto generalmente que era suficiente prueba de esta importante verdad el establecer que en cualquier lugar que coloquemos el ojo, ve los cuerpos con su propio color, pero teniendo esta razon por poco satisfactoria lo demostraremos por medio de un experimento agradable é instructivo.

Si colocamos un papel blanco frente de un rosal, la superficie del papel conservará su color blanco; pero si lo encerramos en una cajita y hacemos un agujero en el costado opuesto de ella con una aguja para que pueda entrar la luz procedente del rosal, y miramos el papel por otro agujero, verémos que cada rayo que procede de una rosa se retrata en el sitio en que vá á herir al papel, y los que proceden de las hojas hacen otro tanto, resultando el papel salpicado de rosa y verde: estos matices constituyen una imagen del rosal representado invertido, y aunque no muy distinguible por lo que hace á su verdadero diseño, no deja de reconocerse fácilmente: si se ensancha el agujero que dá paso á la luz del rosal, la referida copia se vá debilitan-

do, haciéndose los colores menos perceptibles, y cuando aquel llega á cierta dimension, la luz roja y verde, apesar de herir los mismos puntos del papel, dejan de distinguirse, y este vuelve á presentarse blanco: reproduciéndose el fenómeno de cualquier modo que coloquemos la cajita con relacion al rosal.

La luz consiste en partes segregadas é independientes unas de otras.

Si la hacemos pasar á través de un agujero hecho en un lugar oscuro, é interponemos un pedazo de papel, podemos interceptar parte de dicha luz, ó podemos detener casi toda la cantidad, menos una pequeñísima fraccion: en ambos casos la parte cuya introduccion hemos permitido no está afectada en lo mas mínimo por su separacion de la detenida.

La menor porcion que podemos interceptar, ó cuya entrada podemos permitir se llama rayo luminoso ó de luz.

Los rayos luminosos se propagan en líneas rectas.

Esta propiedad se hace visible permitiendo la entrada de la luz en un lugar oscuro lleno de humo ó polvo, por pequeños agujeros; y se prueba al mismo tiempo por el hecho de que los cuerpos no pueden distinguirse por medio de tubos encorvados, deduciéndose al mismo tiempo por la forma de la sombra de los cuerpos. Cuando existe algun especial poder en un lado de un rayo de luz que no obra en el otro, puede entonces desviarse de su direccion en línea recta y aun continuar en línea curva.

La luz se mueve con prodigiosa velocidad.

Los Astrónomos han probado, que la luz del Sol nos viene en 7 minutos, y por consiguiente, que camina de un polo al otro en la vigésima cuarta parte de tiempo de un segundo, es decir, en dos y medio terceros, velocidad que sobrepasa los límites de nuestra comprension.

Fenómenos de la difraccion é infleccion.

ARTICULO TERCERO. Se han designado con el nombre de difraccion ó infleccion de la luz, las modificaciones que padece pasando cerca de las estremidades de los cuerpos ó por pequeños agujeros.

Aunque la inflexion de los rayos de luz es materia algo oscura y de difícil solucion, sin embargo darémos las nociones mas generales y claras de estas importantes propiedades de la luz.

Si hacemos un agujero en el postigo de una ventana de $\frac{1}{10}$ de pulgada de diámetro, y para mayor precision, colocamos en dicho agujero una lente convexa de un foco muy corto; estando la habitacion oscura, obtendrémos un haz luminoso divergente: si colocamos cuerpos de cualquiera especie en esta luz, y examinamos atentamente su sombra, verémos que se pintarán unas franjas de colores en los bordes de dichas sombras, los cuales serán por este orden, empezando á contar por el mas próximo á la sombra.

Violado, azul turquí, celeste, verde pálido, amarillo y rojo para la primera franja.

Azul turquí, amarillo y rojo para la segunda.

Azul celeste pálido, amarillo pálido y rojo para la tercera.

Las distancias de estas franjas ó sus amplitudes, así como sus intervalos varian en razon de los números 1, $r\frac{1}{2}$ $r\frac{1}{3}$ $r\frac{1}{4}$.

Cuando se emplea luz de un color homogéneo, las franjas son del mismo color que la luz en que se examina la sombra del cuerpo, y los intervalos oscuros. Las franjas que resultan examinando el cuerpo con luz roja son las mayores, con luz violada son las menores y con luz verde son las medias, y así estas como aquellas se llaman franjas esternas.

Si se examina la sombra del cuerpo que ocasiona estas franjas verémos, como ha explicado Maraldi, que la sombra está dividida por franjas paralelas que varian en número y ancho segun la distancia que media entre el cuerpo y la sombra examinada. Estas franjas se llaman franjas internas.

Como los fenómenos que esplicamos deben precisamente depender de la luz inclinada de un modo ú otro se ha empleado la palabra inflexion de otra latina que significa doblar, y tambien se les ha aplicado la palabra difraccion.

De los fenómenos que acabamos de analizar resulta que la luz, pasando cerca de los cuerpos, parece doblarse hácia dentro y hácia fuera de la sombra por bandas alternativas, y que haciendo variar ciertas circunstancias, se presentará una banda oscura en el lugar que antes ocupaba una luminosa, y viceversa. Veamos como se esplican estos fenómenos.

En el sistema de la emision es preciso suponer la accion de fuerzas atractivas y repulsivas, es necesario mirar á la luz refleja como rechazada, á la luz trasmitida como atraida, y para los fenómenos de difraccion es indispensable decir que es alternativamente rechazada y atraida, mientras que será atraida y rechazada alternativamente.

Mas primeramente ¿como comprenden de parte de cuerpos que no varían, unas acciones tan diversas, principalmente despues que se ha demostrado que la naturaleza y el grueso del cuerpo opaco en nada varían los fenómenos de difraccion; principalmente despues que se ha visto que se anulaban las franjas luminosas de la sombra interceptando los rayos de un solo lado y que volvian á aparecer dirigiendo á este punto dos rayos semejantes?

En el sistema de las vibraciones, en el que se considera la luz como producida por un movimiento ondulatorio en un ser eminentemente sutil y elástico, se concibe perfectamente que la oscuridad, es decir, la cesacion de movimiento, podrá ser producida por la coincidencia de dos ondas en un mismo lugar. Sobre este principio estriba la teoría de las Interferencias.

Anillos Coloreados.

Ley de las interferencias.

ARTICULO CUARTO. Conforme á lo que acabamos de esponer, no parecerá ya estraordinario que los fenómenos de las interferencias se presenten en tan raras circunstancias y á tan pequeñas distancias; que las franjas, que los anillos coloreados se vuelvan prontamente confusos, y se combinen inmediatamente.

Tambien se pueden producir directamente los fenómenos de las interferencias, empleando dos espejos un poco inclinados el uno sobre el otro que tiene la ventaja de poner á la vista los periodos de las ondulaciones positivas ó negativas, en que las moléculas se hallan animadas del máximum de velocidad hácia adelante, y en que están animadas del máximum de velocidad hácia atras; lo que hemos procurado hacer igualmente sensible con algunos fenómenos de las interferencias en que llamamos el movimiento hácia adelante ó de condensacion, y el movimiento hácia atrás ó de rarefaccion.

La ley de interferencia puede esplicarse de este modo: supongamos que dos rayos diminutos de luz procedentes de dos puntos muy contíguos caigan en un mismo lugar sobre un papel: en este caso diremos que interfieren uno con otro, porque si se separase el papel se cortarían en aquel mismo punto; pero si la longitud que marca su tránsito, es decir, si la distancia que media desde el papel á los dos puntos luminosos es igual, formarán un punto brillante de luz, que tendrá mayor intensidad que la que habria producido uno solo: está probado que cuando hay cierta diferencia en la longitud de dichos rayos se produce el mismo fenómeno.

Esta curiosa y singular propiedad de la luz guarda una maravillosa analogía con la impresion que ocasionan dos sonidos próximamente unísonos, correspondiendo la duracion de cada sonido á la intensidad luminosa de que hemos hablado, y la cesacion de él al resultado de oscuridad explicado.

Se concibe yá como la concordancia y la discordancia alternativas de dos sistemas de ondulaciones, produce las franjas ó las bandas alternativamente oscuras y brillantes: será fácil el hacer la aplicacion á los diferentes casos de difraccion y de inflexion de la luz, observando que pueden considerarse las vibraciones de una onda luminosa, como la resultante de las acciones parciales de cada uno de estos puntos obrando separadamente, que desde luego su intensidad, y por consiguiente su velocidad y su longitud permanecerán uniformes, mientras que porcion alguna de la

onda no se halla ni interceptada ni retardada, pues que la resultante es la misma para todos los puntos; mientras que varia para cada uno de ellos, cuando está interceptada una porcion de la onda; de donde resulta que se manifestarán las variaciones de intensidad, de velocidad y de longitud, y producirán diversos fenómenos de interferencias.

Sucede en este caso lo que en las cuerdas vibrantes, que, en primer lugar, ejecutando una vibracion total de toda su longitud, ejecutan tambien un gran número de vibraciones parciales que se pueden hacer sensibles por la experiencia, y cuyos sonidos pueden igualmente apreciarse: y que, en segundo lugar, por la influencia de la menor causa determinante, cambian de ondulacion primitiva, única en diversas ondulaciones resultantes de la primera.

La accion de las láminas delgadas se esplica de un modo enteramente análogo. Mas observemos primeramente que las alternativas de los anillos oscuros y brillantes, cuando se emplea la luz homogénea, y las de los anillos coloreados, cuando se hace uso de la luz blanca, ofrecen una identidad completa en la disposicion y los colores con las franjas y las bandas que nos han hecho reconocer el fenómeno de las interferencias.

Los efectos de los cuerpos transparentes, de cualquiera naturaleza que sean reducidos á láminas delgadas, son pues, idénticos con los anteriores. Veamos en que consisten.

Todos los cuerpos transparentes reducidos á láminas delgadas y espuestas á la luz producen los colores llamados erizados mas ó menos numerosos, mas ó menos limpios; esto es lo que se puede observar particularmente sobre las láminas delgadas de mica y sobre las bolas ó ampollas de jabon y agua; mas estas observaciones no son susceptibles de precision alguna.

Hemos visto, pues, que estos fenómenos eran idénticos con los de la difraccion y que presentaban los mismos fenómenos de interferencias, porque la diferencia de los caminos corridos por los rayos que se reflejan á la primera y la segunda superficie de la lámina delgada establece concordancias ó discordancias semejantes. De este modo se ha

reconocido tambien que el grueso de la lámina era siempre correspondiente á la longitud de la ondulacion. Pueden pues, conocerse y señalarse de antemano los lugares en que se manifestará tal ó cual color, donde estará un anillo oscuro ó brillante.

Teoría de la luz.

ARTICULO QUINTO. Reunidos ya los resultados y con los datos que nos ha suministrado la observacion de las interferencias; estamos en el caso de explicar todos los fenómenos que nos presenta la luz.

Un fluido etéreo eminentemente sutil y elastico llena todo el espacio; y observaremos en este lugar que la existencia de semejante fluido, admitido por Newton para la explicacion de la gravitacion universal, parece en el dia demostrada por todos los fenómenos eléctricos, pues que para concebir la trasmision instantánea de las descargas, es indispensable el admitir un medio eléctrico tan elástico como es necesario suponerlo para la propagacion de la luz.

Los cuerpos luminosos por movimientos oscilatorios, que toman sus moléculas por causas desconocidas, imprimen á este éter ó fluido vibraciones de todas clases y cualesquiera que sea la velocidad de estas vibraciones, se propagan alrededor del centro del sacudimiento en todos sentidos en línea recta y de un modo igual, sin mudar de naturaleza, con tal que el medio sea siempre homogéneo.

Estas propiedades son inherentes á las moléculas del medio elástico, sometidas á un movimiento de condensacion ó hácia adelante, de rarefaccion ó hácia atras.

Con efecto, la molécula del cuerpo vibrante imprime su movimiento hácia adelante á la primera capa de fluido; esta lo comunica á la segunda y así en seguida; mas inmediatamente la molécula rechazada hácia atras abandona la capa de fluido; este en virtud de su elasticidad, vuelve á su posicion, la segunda hace lo mismo, y así sucesivamente.

Asi ya vemos, que, quando un cuerpo nos parece luminoso, es porque imprime al éter oscilaciones de toda ve-

locidad y forma, por consiguiente ondulaciones de toda longitud, como se manifiesta en la vela encendida; cuyos círculos en diferentes tamaños demuestran ondulaciones de toda longitud.

Debe hacerse observar, que ninguna de estas circunstancias, es decir, la naturaleza de la luz, el orden de los movimientos, la velocidad de propagacion, no serán modificados por la intensidad de la luz; porque en este caso, lo mismo que en el sonido, sola la amplitud de las oscilaciones es la que varia, pero por lo demas todo permanece en el mismo estado.

Tales son los fenómenos que presenta la marcha de la luz en el espacio; demostrados todos por la esperiencia, son tambien las consecuencias necesarias de la existencia de un éter, puesto en movimiento vibratorio. Veamos como sucede lo mismo con los fenómenos de la reflexion, de la refraccion y coloracion de los cuerpos.

En un medio elástico y homogéneo todo sacudimiento se propaga constantemente en el mismo sentido, comunicándose de cerca en cerca. No es, pues, la reflexion en sí misma la que es difícil de concebir; porque despues de la enorme diferencia que debe suponerse existe entre las moléculas del éter y las del cuerpo, se vé que la reflexion debe ser muy considerable; mas la dificultad está en comprender, como sucede, el que sobre estas superficies que para la luz deben ser muy desiguales, la reflexion sea sin embargo tan regular, que su ángulo de reflexion sea constantemente igual al ángulo de incidencia.

En la teoría de Huyghens esta singularidad se esplica sin tener necesidad de una superficie perfectamente pulimentada. Con efecto, en este basto sistema se ha visto que siempre que se rompe una onda, ó se intercepta en parte, es preciso considerar cada uno de sus puntos como si fuesen un centro de ondulacion particular, de que se sigue que cuando una onda llegue á la superficie del cuerpo reflector, las partículas de este cuerpo la descompondrán y emitirán rayos en todos sentidos.

Hemos visto por los fenómenos de las interferencias que las diversas sustancias transparentes disminuyen el mo-

movimiento de las ondulaciones: este mismo vá á descubrirnos la causa de la refraccion.

En efecto, quando el movimiento se debilita por el medio refringente, y en razon de su densidad y de su naturaleza, sucederá que la onda total, compuesta en el camino por la reunion de las moléculas elementales, se descompondrá, y cada punto de la superficie refringente será el centro de una ondulacion particular. Mas, segun acabamos de ver por las ondas reflectadas, cada una de sus ondas particulares no producirá una impresion de luz, por razon de que un rayo solo no es apreciable; no habrá sino aquellos, que podrán rehacerse siguiendo una misma línea, y corriendo un camino igual; que serán visibles, antes de llegar á la superficie reflectante, y el cálculo demuestra que estos son aquellos de los cuales el seno del ángulo de incidencia está en relacion constante con el seno del ángulo de refraccion, pues que solo siguiendo esta ley se reproducen en los diferentes medios las variaciones de longitud y de velocidad de las ondulaciones, primera causa de los fenómenos de la refraccion.

Sabemos que los rayos de los diversos colores no tienen la misma velocidad de oscilacion, ni por consiguiente la misma longitud de ondulacion; porque hemos visto que esta longitud varia para los colores entre 4 y 6 diez milésimos de una línea; resulta, pues, que no serán modificados del mismo modo entrando en los cuerpos refrigerantes, y por consiguiente que á su salida se los verá separados en el orden de los colores del espectro, es decir, en el orden de su refrangibilidad.

La refraccion de los medios de densidad variable como el aire, se esplica lo mismo, muy sencillamente por la desigualdad de velocidad de los rayos, porque si los rayos, nacidos del punto luminoso se propagan mas lentamente en la parte de la atmósfera la mas densa, que no en la parte mas rara, el observador en lugar de observar el objeto luminoso en su verdadera posicion, lo verá adonde ha sido elevado por las desigualdades de velocidad de los rayos en el paso.

La coloracion de los cuerpos, es uno de los puntos de

la teoría de la luz que oponen como una objecion al sistema de las vibraciones: veamos, pues, como pueden explicarse en hipótesis los colores propios de los cuerpos.

Hemos dicho que, en un medio homogéneo y elástico, las ondas de toda longitud se propagan con una velocidad igual, y el cálculo prueba que debe suceder así en un fluido perfectamente elástico; pero se concibe que en los medios imperfectamente elásticos puede no suceder lo mismo, y la experiencia nos demuestra en efecto que, en ciertos líquidos, las ondas que se forman á su superficie se propagan mas pronto cuando son mas anchas que cuando son mas pequeñas; vemos tambien que varios ecos no repiten sino ciertos sonidos. Así, siendo el éter un fluido perfectamente elástico, todas las ondulaciones se propagarán en él con la misma velocidad, y la luz directa nos parecerá blanca: al contrario todas las sustancias naturales trasparentes ó semitransparentes, como son los cuerpos coloreados, debiendo ser considerados como cuerpos imperfectamente elásticos, las ondas podrán propagarse en ellos con desigualdad.

Si queremos completar la esplicacion de los fenómenos; se comprenderá por una parte, porque la refrangibilidad del color violado es mas considerable que la del rojo, &c. pues que teniendo los cuerpos grados muy diversos de elasticidad, rechazarán diversamente las ondulaciones de longitud, que vengan á chocar con ellos penetrando en parte su sustancia; así que rechazando igualmente las ondas de toda longitud, serán blancos los unos, mientras que otros dejándolas penetrar en su interior, las apagarán y serán negros: últimamente otros teniendo propiedades intermedias entre los dos extremos, producirán los matices tan variados de los colores, como puedan serlo las longitudes de las ondas; pues que destruirán algunas, rechazando otras, teniendo presente, que la elasticidad imperfecta de los cuerpos ocasionará, que el movimiento vibratorio sea destruido en el todo ó en parte.

LECCION LIII.

DE LA CATÓPTRICA: DIÓPTRICA: CROMÁTICA:
VISION: INSTRUMENTOS ÓPTICOS: POLARIZACION Ó DOBLE
REFRACCION.

Catóptrica ó reflexion de la luz.

ARTICULO SESTO. La luz se refleja siempre mas ó menos cuando choca con la superficie de los cuerpos, aunque sean líquidos ó fluidos aeriformes; del mismo modo que se apaga ó disminuye siempre en parte, aun á la superficie de los cuerpos que la reflejan con mayor energia.

Entre los cuerpos reflectores los unos dispersan la luz, rechazan ciertas porciones y retienen las otras, frecuentemente de un modo invariable, estos son los cuerpos coloreados; los otros que se llaman especialmente reflectores, despiden la luz tambien mas ó menos abundantemente pero con regularidad, es decir: que no mudan la luz de los cuerpos cuyos rayos despiden, y solo disminuyen la intensidad de su brillo: de estos últimos son de los que debemos ocuparnos.

La parte de la ciencia óptica que trata de la reflexion de la luz se llama catóptrica, de dos palabras griegas que significan contra y ver.

Los cuerpos que se usan para reflejar la luz son espejos, generalmente de metal ó de cristal sùpamente pulimentados. Los de cristal comúnmente tienen azóque en una superficie para poder reflejar mayor cantidad de rayos de luz, pero en las observaciones siguientes se supone que los espejos son de metal. Los espejos se llaman planos, cóncavos ó convexos segun las superficies que los terminan.

Reflexion de los rayos de luz por espejos planos:
Cuando rayos paralelos caen sobre un espejo plano, seguirán paralelos despues de la reflexion. Cuando rayos divergentes caen sobre un espejo plano, tendrán igual divergencia despues de la reflexion. Cuando rayos convergentes caen sobre un espejo plano, tendrán la misma convergencia despues de la reflexion.

Reflexion de los rayos paralelos por espejos cóncavos y convexos: Si dos rayos de luz paralelos se reflejan por un espejo cóncavo, se vuelven convergentes, si son convergentes aumentan la convergencia, y si son divergentes disminuyen la divergencia. Mas si dos rayos de luz paralelos se reflejan por un espejo convexo, se vuelven divergentes, si son convergentes disminuyen la convergencia, y si son divergentes aumentan la divergencia. En estos tres casos espuestos se verifican los nueve efectos, que pueden resultar de la incidencia de dos rayos de luz sobre la superficie de un espejo, haciendo las demas aplicaciones de la reflexion de los rayos divergentes por espejos cóncavos y convexos, como tambien de los convergentes sobre las mismas superficies; cuyas esplicaciones se fundan en que el ángulo de reflexion es igual al de incidencia, axioma ó ley general, que debe establecerse; pues que cuando un rayo de luz cae sobre una superficie tersa, sea plana ó curva en el punto donde choca, será reflectado formando un ángulo; cuyo lado de caida se llamará de incidencia; así como el de salida de reflexion.

Estos resultados pueden comprobarse haciendo reflectar la luz del Sol ó artificial por un espejo, y de aquí la ley espresada.

Así, sobre un espejo cóncavo, en virtud de la propiedad de las secciones cónicas, los rayos venidos de un punto muy distante, de modo que se los puede mirar como paralelos; deben reflectarse sobre el espejo de modo que concurren en un mismo lugar, que se llama el foco; este foco se halla en este caso colocado precisamente á una distancia igual de la superficie y del centro del espejo, así se le dá el nombre de foco principal; y goza de la propiedad de reunir todos los rayos paralelos que caen sobre el espejo, y por consiguiente presenta una imágen del cuerpo luminoso mucho mas intensa que no visto directamente.

De este modo, concentrando los rayos solares en el foco de grandes espejos, se ha conseguido el fundir los metales mas duros; en una palabra, se ha podido obtener una temperatura mucho mas elevada que no por medio de los hornos mas enérgicos.

El foco principal goza tambien de esta propiedad , consecuencia de la primera , de hacer paralelos los rayos que proceden de él , cuya propiedad se ha utilizado en la construccion de los faros ó fanales.

Los fenómenos que presentan todas las demas clases de espejos se reducen fácilmente á estos , y seria inútil el detenernos en ellos ; nos restaria , pues , el indicar las aplicaciones que se han hecho de las propiedades de los espejos para acercar , aumentar é iluminar los objetos ; mas estas se complican por los efectos de las lentes trasparentes , así la esplicacion de los telescopios , de los micróscopios y otros instrumentos de óptica , tendrán su lugar mas propio despues del estudio de la refraccion.

Mas antes de finalizar este artículo debemos mencionar algunos fenómenos notables de reflexion. Tal es primeramente el que presentan las lunas paralelas ó poco inclinadas ; se sabe que las primeras multiplican los objetos casi al infinito , la razon es simple , y es que la imágen reflectada por cada luna es aquella misma para la otra el objeto principal , y es por consiguiente reflectada , como lo seria un objeto real y verdadero colocado á la misma distancia detrás de la luna : lo mismo sucede con esta segunda imágen , y así en seguida : pero se concibe que la intensidad de estas imágenes vá disminuyendo continuamente.

Otro fenómeno curioso de reflexion , es que puede verse de cuerpo entero en una luna que solo tiene la mitad de nuestra altura , y que en una luna inclinada de 45 grados los objetos horizontales parecen verticales , y viceversa.

Dióptrica ó refraccion de la luz.

ARTICULO SEPTIMO. Aunque el rayo luminoso se mueve siempre en la misma línea recta mientras no es interrumpido , sin embargo cualquiera puede haber observado que cuando cae sobre una gota de agua ó un pedazo de vidrio , ó sobre una botella que contenga un fluido cualquiera que permita el paso á la luz , no llega al ojo ni ilumina un pedazo de papel puesto al otro lado de dichos cuerpos , co-

mo antes de estar estos interpuestos: esto se origina de que la direccion de la luz varia por algun poder que reside en los cuerpos.

La parte de la óptica que trata de las leyes, segun las cuales se verifica la mudanza de direccion de la luz, quando sucede lo antedicho, y los resultados que dependen de dichas leyes, se llama dióptrica, de las palabras griegas *ver* y á través porque los cuerpos que producen esta variacion son los mismos á través de los cuales podemos ver, y pasa la luz.

Y si hasta aquí hemos examinado lo que sucede á la porcion de luz incidente que se refleja á la superficie de los cuerpos; pasemos ya á tratar de la que escapa á la reflexion y penetra en su interior.

Siempre que un rayo de luz penetra oblicuamente de un medio á otro de naturaleza ó de densidad diferente, experimenta una desviacion del camino en línea recta en que caminaba: este fenómeno es el que se llama la refraccion de la luz. Esta inclinacion del rayo, que se llama refraccion, es derivada de la palabra latina, que significa romper, por que parece haber sido roto.

Sabemos que los diferentes medios, modificando la velocidad, y por consiguiente la longitud de las ondulaciones luminosas, son la causa de esta desviacion de los rayos, la cual se verifica acercándolos á la perpendicular, quando pasan de un medio mas raro á otro medio mas denso, y al contrario separándolos, quando pasan de un medio mas denso á otro medio mas raro. Sabemos tambien que en los medios de densidad variable como el aire, los rayos son continuamente doblados ó torcidos en su marcha, de modo que siguen una línea curva.

Estos fenómenos de refraccion están establecidos de un modo indudable por una multitud de esperiencias, de las cuales algunas son muy familiares, como la inflexion de un baston metido oblicuamente en el agua, en que se reconoce que los rayos que emanan de él se acercan á la perpendicular, como tambien la esperiencia siguiente que prueba ademas que la luz pasando del agua al aire, se separa de

la línea normal (1.) si se coloca una moneda en un vaso que tenga las paredes opacas, el ojo en cierto punto no podrá verla, si el vaso contiene solo aire, pero si se reemplaza el aire por el agua, los rayos emanados de la moneda siguiendo la direccion que corresponde, la harán visible al observador situado en el mismo lugar.

El crepúsculo, la prolongacion ó ensanche de los astros en el horizonte, su aparicion, como tambien la de un navío cuando están todavía realmente bajo este horizonte, la estimacion exagerada de la altura de los cuerpos son todos fenómenos de simple refraccion. El del espejismo ó espejo ilusorio que se presenta en varias circunstancias, pero especialmente en las llanuras arenosas y áridas, como las de Egipto cuando se hallan heridas por los rayos solares, es producido por la refraccion diferente causada por las capas de aire de densidad desigual.

Mientras que la luz recorre un espacio de densidad y de naturaleza homogénea, sigue una línea recta, pero cuando pasa de un medio á otro, se desvia del camino primitivo para acercarse ó separarse de la perpendicular. Asi la luz pasando del aire al agua ó al cristal, se acerca á la normal y al contrario se aparta pasando del agua ó del cristal al aire; de modo que despues de estas dos desviaciones semejantes los rayos son todavía paralelos.

Tal es la marcha de la luz en los cuerpos transparentes á superficies paralelas: pero no sucede asi cuando las superficies son diferentes y se presenta en este caso un fenómeno análogo á lo que pasa en un prisma; forma á la que puede en efecto reducirse siempre la figura de los cuerpos, como vamos á ver en el estudio de las lentes.

Se sabe que el efecto de un prisma de cristal ó de agua es el de desviar los rayos hácia la base del prisma opuesta al ángulo agudo, para los rayos oblicuos, y para los perpendiculares. Esta propiedad dá la explicacion de todos los fenómenos de reunion ó de dispersion de la luz por medio

(1.) Se dice que la línea es normal cuando es perpendicular á un plano tangente tirado por este punto á la superficie curva.

de lentes ó de cristales de todas formas; fenómenos que se asemejan en gran manera á los de los espejos reflectores y sobre los que hablaremos por consiguiente con brevedad.

Asi una lente convexa hace paralelos los rayos que emanan de su foco, reúne á este foco principal los rayos paralelos, y en otros sitios á los que hacen un ángulo sensible al llegar á su superficie. Del mismo modo las lentes cóncavas, obran en sentidos contrarios á los precedentes, porque los prismas están en ellas colocados en sentidos opuestos. Los cristales de cualquiera otra forma participan mas ó menos de las propiedades de estas, segun se acercan ó se apartan de la convexidad ó de la concavidad.

Sobre estos principios se fundan la construccion del ojo; como igualmente la de todos los instrumentos de óptica.

En la esposicion de la teoría de la luz hemos visto que los rayos de diversos colores, no teniendo la misma velocidad de ondulacion, no son refractados con la misma energía. Asi pasando de un medio á otro, y principalmente al través de un prisma cuyo poder refringente es mucho mas considerable, la luz blanca es descompuesta, y á su salida el haz ó manojo de luz presenta una imágen prolongada y de diferentes colores, imágen que vamos á estudiar en seguida.

Las lentes, pudiendo considerarse como una reunion de prismas, producirán la misma dispersion de la luz siempre que la desvien fuertemente de su camino, de donde se deduce que la imágen que presentarán será confusa y coloreada.

Newton habia creído irremediable este vicio; mas Dollond, físico ingles, habiendo reconocido que ciertas sustancias, con un poder refringente desigual, dispersaban igualmente la luz, concibió la posibilidad de obtener imágenes considerablemente desviadas y sin embargo descoloridas. Tal es el acromatismo y el principio en que estriba la construccion de los anteojos ó mas bien de los vidrios acromáticos en los que se establece ordinariamente la compensacion por la reunion del vidrio comun y del cristal en que entra una cantidad de plomo.

Sabemos que en cada superficie de separacion de dos medios refringentes, se verifican una reflexion y una refraccion; lo que dá la esplicacion de uno de los fenómenos de óptica, naturales y mas curiosos: tal es el arco Iris ó arco del Cielo. Cualquiera ha podido observar que cuando llueve se halla el arco diametralmente opuesto al Sol, y el observador colocado entre los dos: los rayos del Sol, penetrando por medio de las gotas de agua, padecen en ellas varias refracciones y diferentes reflexiones. Resulta que estos podrán llegar á diversos puntos, á causa de las refracciones, llegarán dispersados, y por consiguiente coloridos.

Pudiendo continuarse hasta el infinito estas reflexiones y refracciones, podrán formarse muchos arcos unos por encima de otros, pero irán disminuyendo continuamente de intensidad, pues que se pierde una porcion de la luz á cada reflexion, y en diferentes circunstancias ó situaciones, pues los rayos que darán la imágen no habrán seguido el mismo camino.

Cromática ó coloracion de los cuerpos.

ARTICULO OCTAVO. Hasta ahora hemos considerado la luz como una sustancia simple, y sus rayos constituyentes como refractados de un mismo modo por las lentes sobre que caen, lo que sin embargo no es así.

La luz blanca que nos viene del Sol ó de otro cuerpo luminoso cualquiera está compuesta de siete diferentes especies de luz, que tienen otros tantos colores; á saber: rojo, naranjado, amarillo, verde, azul celeste, azul turquí y violado.

Estos colores se manifiestan frecuentemente por si mismos, pero la luz blanca de que hemos hablado puede descomponerse y reducirse á sus primitivos elementos por varios procedimientos.

La parte de la ciencia óptica que trata de los colores de la luz y de sus propiedades físicas con las leyes segun las cuales se verifica su descomposicion, se llama cromática de la palabra griega que significa calor.

Acabamos de ver que la luz blanca padece por la re-

fracción una modificación, en virtud de la cual los diferentes colores que la componen se hallan separados, y este fenómeno es principalmente patente cuando se hace pasar la luz por un prisma.

La imagen dispersa y colorida, que se obtiene en este caso, se la designa con el nombre de espectro solar.

Sabemos tambien que en el acto de la reflexion pueden los cuerpos absorber, apagar, hacer invisibles ciertos rayos, mientras que rechazan á los demas; tal parece ser la causa de la coloracion de los cuerpos, de la que nos ha dado ya una idea la reflexion de los anillos coloridos y de las láminas delgadas.

El conjunto ó reunion de estos conocimientos forma la ciencia de la cromática ó de los colores.

Cuando se hace pasar un rayo de luz por un prisma refringente, recibéndolo á cierta distancia á su salida del prisma, se percibe por la imagen del cuerpo luminoso que se obtiene de esta suerte, que la luz no solo ha sido desviada de su camino primitivo uniforme á las leyes de la refraccion, sino tambien que ha sido descompuesta y esparcida á causa de la desigualdad de refrangibilidad de los rayos de diversos colores de que se compone.

El espectro luminoso que se produce así, y que no es otra cosa que la imagen del Sol prolongada en el sentido de la refraccion por la refrangibilidad desigual de los rayos, se presenta en este caso bajo una forma oblonga, y coloreado con los hermosos matices del arco Iris. Aplicando á esta imagen colorida diferentes medios muy exactos de descomposicion; recibiendo separadamente las diversas porciones del espectro, haciéndolas pasar por hendiduras muy estrechas y agujeros muy pequeños ha sido como Newton y otros fisicos posteriores han conseguido el fijar los matices ó colores, y las propiedades de las diferentes partes del espectro.

Se cuentan generalmente en el espectro siete colores principales, apesar de que contiene realmente todos los matices posibles, tanto por los colores intermedios entre estas especies primitivas, como por sus variedades y por su mezcla en toda proporcion; resultando de la combinacion

de estos colores, lo que está demostrado por una infinidad de esperiencias, tales como la mezcla de diversos polvos, de diferentes líquidos de colores distintos, y aun por la luz blanca, que no es mas que la mezcla de todos los matices, puede decirse que los siete colores principales admitidos por Newton en la imágen del espectro están colocados del modo siguiente: empezando por la parte la menos refractada, se halla primero el rojo, despues el naranjado, el amarillo, el verde, el azul celeste, el azul turquí, y en fin el violado, que forma la estremidad del espectro visible la mas desviada de su camino; pareciendo ademas encontrarse la mayor analogía entre los rayos rojos, y los violados.

Ademas el espectro no contiene solamente los rayos coloridos ó coloríficos, sino que manifiesta tambien efectos de calor y acciones químicas, que prueban igualmente que se compone de rayos caloríficos y de rayos químicos, ó mas bien que las ondas de diversa longitud poseen desigualmente estas propiedades, unas veces aisladas, otras reunidas á la propiedad calorífica; porque el estudio profundo del espectro ha dado á conocer que aun mas allá de las dos estremidades visibles existen rayos oscuros susceptibles de desarrollar calor ó de producir ciertos fenómenos de combinacion.

Asi es que se ha reconocido, colocando un termómetro muy sensible en diversas porciones del espectro, que los rayos caloríficos, que parecen los menos refrangibles, van continuamente disminuyendo de intensidad, partiendo de un punto poco distante de la estremidad roja hasta casi la verde; en cuyo punto son enteramente inapreciables.

Del mismo modo, esponiendo al espectro diversas combinaciones químicas y especialmente el muriato de plata, se ha reconocido que los rayos químicos que parecian los mas refrangibles están dispuestos en cantidad decreciente, partiendo de la estremidad violada hasta la amarilla, en donde ya no manifiestan accion alguna.

Esta esperiencia demuestra de un modo decisivo la identidad de todos los rayos que componen el espectro y de la causa que determina su accion; prueba tambien que

no se diferencian entre sí sino por su velocidad y su longitud de ondulacion, prueba en fin la identidad del calor y de la luz.

Resulta, pues, de estos fenómenos que la luz blanca como la del Sol y la de una vela encendida es una mezcla de rayos heterogéneos, desigualmente refrangibles y susceptibles de darnos la sensacion de diversos colores cuando están separados. Se concibe en efecto como la ausencia de uno ó de varios de estos colores, en parte ó por entero, modificará necesariamente el color total de los demas, y así producirá matices variados al infinito.

Lo espuesto nos esplica completamente la coloracion de los cuerpos, acordándose en cuanto á los colores reflectados, de lo que hemos dicho al tratar de las láminas delgadas y de los anillos coloridos.

En efecto, los colores del iris como los del nacar de perla, las bombillas de agua y jabon, los colores cambiantes como los de la cola del pabo real, del plumage de un gran número de pájaros, se producen por los diferentes rayos, reflectados bajo diversas inclinaciones relativas al ojo del observador. Se sabe que en ciertos cuerpos los colores vistos por reflexion y por trasmision no son los mismos. Así las disoluciones de diversas maderas de tinte parecerán por ejemplo azules por reflexion, amarillas ó rojas por trasmision.

La opacidad completa no es sino un grado mas elevado de esta propiedad, y depende de la naturaleza del cuerpo. Así el oro reducido á láminas delgadas se hace trasparente, y visto por trasmision parece verde.

Cuando los rayos transmitidos son complementarios de los reflectados, se hallan los matices en los anillos coloridos con la mayor exactitud. Otro resultado todavia mas interesante y notable es el que en todas las mudanzas de colores que se hacen gradualmente como de los compuestos químicos, en el acto de la vegetacion, se halla de nuevo el orden ascendente y descendente presentado por los anillos coloridos y el paso sucesivo del uno al otro.

Asi en el Otoño, cuando el principio de la descomposicion de las hojas anuncian su próxima caída, desde el

color verde de tercer orden pasan sucesivamente al orden de los anillos, al amarillo, al naranjado y al rojizo. Se reconoce en esto el efecto de una accion que se modifica poco á poco en el mismo sentido.

La opacidad de los cuerpos depende principalmente de su tamaño y de su naturaleza; pero tambien muchas veces consiste en la interposicion de las moléculas de otro cuerpo. Asi el agua agitada, golpeada, espumosa, cuando se rompe sobre los arrecifes ó las cascadas, parece blanca, mas no trasparente, á causa del aire que se halla interpuesto entre sus partículas; lo mismo sucede al vidrio molido, al que se puede devolver la transparencia reemplazando con el agua el aire que ocupaba sus intersticios.

Estos efectos no son sino parciales, la apariencia de los cuerpos, que en su consecuencia, se modifica por este medio, y tal es la causa de los colores.

Vision.

ARTICULO NOVENO. Al aplicar los principios de la óptica á la esplicacion de los fenómenos naturales, lo que mas debe llamar nuestra atencion es la estructura del ojo, y el modo con que verifica las funciones de la vision.

La percepcion de los objetos, producida por la accion de la luz, se llama vision, y el ojo es el órgano, por cuyo medio se nos comunica esta impresion.

El ojo es un verdadero instrumento de óptica que concentra los rayos que vienen de los objetos, para enviar la imágen al sitio en que las borlas nerviosas reciben la sensacion.

El ojo en el hombre y en la mayor parte de los animales de las primeras clases, defendido esteriormente por los pelos llamados pestañas y cejas, y por tegumentos muy delicados y fáciles á contraerse, llamados párpados, está colocado en una cavidad huesosa llamada órbita.

Es próximamente de forma globular, con una ligera prolongacion en la parte anterior. Consta de cuatro túnicas ó membranas, que son, á saber: la esclerótica, la cornea, la coroida y la retina; de dos fluidos ó humores,

el acuoso y el vitreo; y de una lente llamada cristalina.

La túnica esclerótica es la esterna y mas fuerte, y en ella están unidos los músculos para darle movimiento. Constituye el blanco del ojo, y se une con la cornea, ó la membrana circular, clara y trasparente á través de la cual vemos.

La cornea, que es igualmente gruesa por todas partes, es de mucha consistencia, y consiste en varias capas ó dobleces para fortalecerla, de modo que defienda de todo daño esterno las partes delicadas que tiene en lo interior.

Sobre la superficie interna de la capa esclerótica hay una membrana muy delicada, llamada capa coroida, que está cubierta de una pasta negra.

En el lado interior de esta yace la retina, que es la capa mas interna, y constituye una membrana reticular muy tierna, formada por la expansion del nervio óptico, el cual entra en el ojo, poco mas de una decima parte de una pulgada distante del eje en aquel lado que está cerca de la nariz. En el extremo del eje del ojo, y en el centro mismo de la retina, hay un pequeño agujero, con borde amarillo. Este se llama el foramen centrale, ó agujero central, aunque verdaderamente no sea una hendidura, sino una mera mancha trasparente libre de la materia suave y pulposa de que consta la retina.

Una membrana achatada de forma circular llamada el iris vista á través de la cornea, divide el globo interior del ojo en dos partes muy desiguales. Tiene una apertura circular en el centro llamada la niña, la cual se dilata cuando se disminuye la luz que entra en el ojo, y se contrae cuando la luz se acrecienta.

El espacio que está delante del iris llamado cámara anterior del ojo, contiene el humor acuoso, así denominado por lo que se asemeja al agua pura; y el espacio detras del iris se llama cámara posterior, y contiene la lente cristalina, y el humor vitreo, que llena todo lo restante del ojo.

La lente cristalina está suspendida en un cápsulo ó saco trasparente, por los que se llaman procesos ciliáricos.

Esta lente es mas convexa detras que por el frente , y consiste en capas concéntricas compuestas de fibras. Su densidad se vá aumentando desde su circunferencia á su centro con el objeto de corregir su aberracion esférica.

El humor vitreo ocupa la porcion mas grande del ojo, y está inmediatamente detras de la lente cristalina , al paso que llena todo el espacio entre esta y la retina.

Por la descripcion del ojo debemos observar que hace el oficio de una cámara oscura provista de una lente, y cuya retina es el plano que recibe la imágen de los objetos.

La idea de la posicion de los objetos la tomamos de la direccion de los rayos , asi como juzgamos de su tamaño y de su distancia por su aumento ; mas bajo esta última relacion , como bajo otras muchas , nuestro juicio padece por la influencia de la costumbre en la esperiencia , y aun sin nuestra anuencia. Asi un objeto visto de muy lejos , mas al lado de otro cuyo tamaño conoceremos , nos parecerá tan grande como si estuviese mucho mas cerca , apesar de que el ángulo que forma con el ojo sea mucho menor.

Otra singularidad notable de la vision , es que los objetos no nos parecen dobles , apesar de que los miramos con los dos ojos ; parece que las diferentes porciones de la retina , segun nuestra costumbre , tienen sensaciones que se confunden , y por consecuencia de esta costumbre dirigimos constantemente nuestros ojos de manera que tengamos una sensacion única , pero si mas intensa ; por esta razon las personas que , por defecto en la organizacion ó por costumbre , no reciben esta sensacion , como los demas , miran vizco ó de través , colocando los ojos de manera que no reciben sino una sensacion.

Un gran número de observaciones prueban que ciertas personas no ven todos los colores , ó no los ven como el comun de las gentes ; lo que parece probar que no son las mismas borlas ó hacecillos nerviosos los que dan la sensacion de todos los colores.

Hemos visto que el ojo está compuesto de diferentes medios refringentes ; esta combinacion , como tambien las diver-

sas formas de estos medios y de su superficie, tienen por objeto el destruir dos defectos que encontramos en nuestros instrumentos; el uno es la aberracion de esfericidad, que consiste en que los bordes de una lente no convergen exactamente los rayos al mismo foco que las partes centrales, la naturaleza ha remediado este defecto por una variacion en la curvatura ó en la densidad.

El otro es la aberracion de refrangibilidad, que colorea los objetos, dispersándolos como el prisma: la naturaleza ha corregido el defecto por un verdadero acromatismo.

El ojo posee tambien la importante ventaja de prestarse á la vision de los objetos á desiguales distancias con mucha mas perfeccion, y en una estension mucho mayor que nuestros mejores instrumentos: se ignora casi enteramente porque mecanismo. Parece, sin embargo, que debe ser por la mudanza de curvatura en el cristalino.

En cuanto á la cantidad desigual de rayos admitida en el ojo, hemos visto que se facilitaba por la dilatacion ó encogimiento de la pupila.

Para percibir una imágen distinta de los objetos, es necesario que los rayos que despiden converjan sobre la retina en un punto sin dimension.

El sitio ordinario de la vision distinta es como á ocho pulgadas del ojo, y siempre que el objeto está ó mas lejos ó mas cerca, los rayos que envia son demasiado convergentes ó demasiado divergentes y la vision es mas ó menos confusa. Muchos ojos tienen el defecto de hacer los rayos demasiado convergentes ó de no hacerlos lo bastante, de modo que la vision jamas es distinta ó clara. Estos defectos se corrigen por las lentes de cristal.

Los que tienen la vista corta, en los que el cristalino es demasiado convergente y por consiguiente en el cual los rayos se reunen en el humor vitreo antes de la retina, se llaman Myopes; se corrige el defecto de su vista atravesando el punto de convergencia por medio de una lente cóncava que dispersa los rayos.

Quando el cristalino está demasiado aplastado, como en la mayor parte de los viejos, en cuyo caso se llaman

Presbitas, (pues parece aplastarse con la edad) los rayos á la distancia de la vision comun, no se reunen sino detras de la retina: en este caso no se ven los objetos distintamente sino están distantes, á menos que se coloque delante del ojo una lente convexa, la que empieza á hacer convergentes los rayos.

Estas lentes no están exentas del defecto de la aberracion de esfericidad, de modo que el campo de la vision es muy limitado; pero M. Wollaston ha remediado este defecto por medio de vidrios convexos por un lado y cóncavos por el otro, y se llaman anteojos periscópicos.

Instrumentos ópticos.

ARTICULO DIEZ. Los instrumentos ópticos no son mas que la aplicacion y el desarrollo de las propiedades de las lentes y de los espejos.

Todos estos instrumentos, aun los mas compuestos, pueden ser considerados como esencialmente formados de dos vidrios ó de un vidrio y un espejo; el uno recibe la luz de los objetos y la concentra en un foco; este es el objetivo, el otro se coloca cerca del ojo y sirve para mirar la imagen formada por el primero, este es el ocular.

Para dar á estos instrumentos mayor perfeccion se los complica frecuentemente poniendo mayor número de vidrios ó se los dispone en un tubo que forma una cámara oscura á fin de absorver los rayos oblicuos; se los divide tambien con el mismo objeto por diafragmas opacos que no dejan pasar sino los rayos inmediatos al eje: en fin se conserva la posibilidad de hacer resbalar las piezas del instrumento las unas sobre las otras, á fin de acercar ó desviar los vidrios y por consiguiente de obtener las imágenes distintas de los objetos colocados á diversas distancias.

Los instrumentos de óptica los mas útiles son los microscopios y los telescopios ó anteojos astronómicos, náuticos, terrestres, &c.

Los primeros sirven para ver los pequeños objetos de muy cerca y sin embargo con mucha claridad, lo que amplifica mucho sus dimensiones; los segundos están destina-

dos á presentar los objetos distantes bajo un ángulo mucho mayor que el que tienen á la simple vista.

Una lente convexa, en cuyo foco se coloca un pequeño objeto, y que haciendo los rayos que de ella emanan casi paralelos, permite ver este objeto claramente á una distancia mucho mas pequeña que la de la vision distinta, es un verdadero microscopio, simple ó sencillo.

La confusion producida por las aberraciones, cuando se emplea una lente de un foco algo corto, limita mucho el uso de este instrumento que no permite sino aumentos poco considerables: esto es lo que ha precisado á construir los microscopios compuestos que están formados de un conjunto de vidrios convexos: se los complica á veces con uno ó varios vidrios intermedios, segun la invencion de sus Autores.

En el microscopio compuesto se coloca el objeto un poco mas allá del objetivo; los rayos salientes irian á pintar una imágen trastornada ó invertida en otro punto, mas detenidos por la segunda lente, la imágen se formará en otro mas distante; esta imágen es la que forma el objeto de la vision, se mira con un vidrio convexo y parece en otro punto muy amplificada. Es necesario el aclarar fuertemente el objeto real por medio de un espejo reflector ó reflectante, para que sea todavia visible despues de las numerosas estinciones de luz operadas por las lentes.

Los telescopios ó anteojos nos han conducido á resultados igualmente nuevos y mucho mas importantes, permitiéndonos el dirigir una mirada investigadora sobre la marcha, la colocacion y la organizacion de los mundos, haciéndonos penetrar en la inmensidad del espacio, multiplicando al infinito los astros que nos rodean.

Los hay de varias clases; los que llamamos dióptricos están fundados, como los microscopios, sobre la convergencia de los rayos en las lentes; este es absolutamente el mismo aparato, con sola la diferencia de que el objectivo es mayor y que los rayos vienen de un objeto distante; por lo demas se multiplican igualmente en él los vidrios, tanto para aumentar su efecto, como para destruir la aberracion de refrangibilidad.

Estos instrumentos se conocen especialmente con el nombre de anteojos. Antiguamente apenas servian sino para los objetos terrestres, y se los llamaba largavistas, anteojos de larga vista, anteojos de teatros, anteojos náuticos; pero en el dia se construyen hasta de 32 pies, y por la combinacion perfecta de los vidrios se ha conseguido el que produzcan efectos tan extraordinarios como los mayores telescopios y con mucha mas precision y limpieza ó claridad.

Los verdaderos telescopios son unos instrumentos catóptricos ó mas bien catadióptricos es decir, que están fundados sobre los principios de la reflexion y de la refraccion de la luz y formados de espejos y de vidrios.

Los hay de varias clases.

Los principales son: el de Gregori: el de Cassegrin: el de Newton: y en fin el telescopio de Herschell ó de Lemaire; cuyas descripciones deben consultarse en las obras de sus autores.

Se han compuesto una infinidad de instrumentos de óptica de todas clases con un objeto útil ó agradable, pero ninguno es comparable por sus aplicaciones con estos de que acabamos de hablar; sin embargo hay algunos cuyo mecanismo y uso es útil conocer.

La cámara oscura es un aparato en el que un objetivo, colocado en una pequeña abertura, presenta la imagen de los objetos exteriores, pero trastornado ó invertida y de una pequeña dimension cuando están distantes: puede enderezarse la imagen por medio de un espejo, y recibirla sobre un carton. Este aparato portátil, pero embarazoso, sirve para el diseño de los paisages.

Otro aparato, tal vez mas cómodo, es la cámara lucida de Wollaston, la imagen de los objetos está formada por un prisma. Si se le dispone de modo que la mitad del ojo solamente reciba esta imagen, se verá al mismo tiempo un carton ó papel colocado debajo en la direccion de la vista, y sobre él estará pintada la imagen: nada pues de mas fácil que el copiarla con el lapiz ó el pincel.

Cuando es una cámara oscura, en lugar de recibir la imagen de los objetos distantes, se coloca cerca del obje-

tivo un objeto fuertemente iluminado, se obtiene en este caso en la cámara una imagen cuyas dimensiones pueden variarse á voluntad, acercando el objeto de la lente y retirando el carton que recibe su imagen: esto es lo que se llama un megascopio, instrumento que sirve para hacer diversas copias.

Si en lugar de un grande objetivo se añade á la abertura ó agujero un vidrio convexo muy fuerte, delante del cual se pongan pequeños objetos muy iluminados, tendremos el microscopio solar, por cuyo medio los objetos se aumentan ó abultan estrordinariamente.

En fin si en lugar de la luz solar empleamos la de una lámpara, si colocamos delante del objetivo unas figuras pintadas sobre vidrios é invertidas ó trastornadas, tendremos la linterna mágica que no es mas que un megascopio portátil; y si hacemos variar la distancia de las figuras al objetivo para cambiar sus dimensiones, formaremos todas las apariencias de la fantasmagoría.

Refraccion doble y polarizacion de la luz.

ARTICULO ONCE. Para completar el bosquejo rápido de los fenómenos de la luz, nos resta el hablar de ciertas particularidades singulares que presenta en diversas circunstancias, particularidades de que se han ocupado muchos físicos modernos, pero como los hechos de este género son muy complicados, como su causa es casi desconocida, y como su aplicacion solo se presenta raras veces, nos contentaremos solo con anunciarlos.

Quando se hace caer un chorro luminoso sobre un gran número de sustancias cristalizadas, pero especialmente sobre el carbonato de cal ó espato calcáreo se observa que se divide por medio en otros dos chorros que siguen diferentes caminos y dan así una imagen doble del punto luminoso.

Este fenómeno es el que se conoce con el nombre de doble refraccion.

Quando se analiza la marcha de estos dos chorros de luz, se reconoce que el uno ha seguido la ley de la refrac-

cion ordinaria y se dice que ha sido refractado estraordinariamente.

En los casos los mas simples se observa inmediatamente que estos fenómenos suceden alrededor de una cierta direccion que se llama eje del cristal, (1.) porque se supone que esta direccion depende de la colocacion de las moléculas cristalinas.

Esta desviacion de los rayos es nula siempre que son paralelos ó perpendiculares al eje del cristal: mas en el primer caso se ha reconocido que se propagaban con la misma velocidad, mientras que en el segundo presentan una gran diferencia, y tanto en la teoría de las ondulaciones, como en las de las emisiones, han fundado los fisicos antiguos y modernos la base de las leyes del análisis de la refraccion doble: estas son muy complicadas; sin embargo la primera completada por los trabajos de los célebres Fresnel, Arago y M. Brewster, ofrece mayor sencillez y se acomoda mas fácilmente á la teoría general de la luz, sin exigir la suposicion hipotética de un gran número de propiedades particulares, sea en las moléculas luminosas, sea en las sustancias dotadas de la refraccion doble.

Malus ha dado el nombre de polarizacion á la modificacion padecida por la luz en la refraccion doble, modificacion en virtud de la cual no se conduce ya aquella como la luz directa.

En los fenómenos de la polarizacion es donde se encuentra principalmente una complicacion estrema, y unas variedades sin número, que sin embargo nuestros sabios fisicos, por esperiencias repetidas de toda clase, por esplicaciones tan ingeniosas como sábias, ayudados del socorro del análisis la mas trascendente, han comenzado á someter á ciertas leyes: mas su causa es totalmente desconocida, y la esplicacion que se procura dar de estos fenómenos, sea admitiendo las oscilaciones trasversales, sea suponiendo que las moléculas luminosas tienen diferentes caras

(1.) Se llama eje del cristal la linea que junta los dos ángulos opuestos iguales.

de polarizacion, alrededor de las cuales oscilan en ciertos casos, está bien distante de ser completamente satisfactoria.

Algunos fisicos modernos han reconocido que las sustancias, que no tienen la misma densidad en una direccion que en otra, están dotadas de la doble refraccion.

El espato de Islanda, cuando se recibe sobre un segundo cristal, la luz doblemente refractada por otro primero cristal, se halla que cada uno de los haces ó chorros de luz continúa el mismo género de refraccion, y no padece ya division alguna, en donde se vé que esta luz que se llama polarizada, es decir, dispuesta de cierta manera, presenta una diferencia muy esencial con la luz directa.

No es solamente la luz, que ha atravesado por un cristal dotado de la doble refraccion la que se polariza; sino tambien la que se refleja bajo ciertos ángulos.

Del mismo modo, pasando la luz de un cristal á otro para que haya polarizacion es indispensable el que las secciones principales sean paralelas; al contrario, siempre que se hace pasar por un romboide de espato de Islanda un rayo reflectado bajo la inclinacion conveniente, ó bien doblemente refractado, pero sin disponer el corte principal ni paralela ni oblicuamente, no se verificarán de modo alguno los mismos fenómenos.

Ciertas sustancias producen tambien otros efectos de polarizacion, y esto contribuye á que sea tan difícil el estudio de estos fenómenos: así dos láminas de turmalina colocadas en el mismo sentido polarizan la luz, como acabamos de ver; mas colocadas en ángulo recto, no dejan pasar luz alguna.

La Mica, colocada en un cierto sentido, tiene igualmente la propiedad de dividir en dos los rayos polarizados; y además las imágenes que produce están matizadas con colores complementarios, es decir, cuya mezcla forma el blanco. Estos colores dependen de la posicion y tambien del grueso de la lámina, de modo que parece tienen mucha analogía con los de los anillos coloreados.

En fin, no son solo los cristales los que ofrecen los fenómenos de la polarizacion, la mayor parte de los cuer-

pos mas ó menos reflectentes y de los cuerpos transparentes presentan tambien efectos diversamente modificados y todavia poco conocidos.

El bosquejo de los fenómenos de la polarizacion que acabamos de presentar es sin duda bien imperfecto y bien incompleto; pero los límites que nos hemos propuesto no permiten estendernos mas. Los que gusten orientarse podrán consultar las obras de Malus, Arago, Biot, Brewster, y otros sabios fisicos, y en ellas encontrarán las experiencias y las leyes de este ramo de la fisica tan vasto y tan complicado como nuevo.

CAPÍTULO XVI.

LECCION LIV.

DEL ELECTRO-MAGNETISMO EN GENERAL: ELECTRICIDAD EN PARTICULAR: GENERALIDADES: DESCRIPCION DE VARIOS INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS: BALANZA ELÉCTRICA: LEYES DE LAS ATRACCIONES, Y REPULSIONES: DISTRIBUCION DEL FLUIDO ELÉCTRICO, Y OTROS FENÓMENOS.

Electro-magnetismo en general.

ARTICULO PRIMERO. Los fenómenos que vamos á esponer formaban hasta ahora varios ramos distintos de la fisica; la electricidad, el galbanismo y el magnetismo; apesar de sus numerosas analogías, permanecieron largo tiempo separados, porque no se habia descubierto el eslabon ó anillo que los une. No tardó en reconocerse que el galbanismo no era mas que un caso particular de desarrollo de la electricidad, y por eso se reunió á ella casi desde su nacimiento; pero no sucedió asi con los fenómenos del iman. Si sus efectos análogos parecian indicar que no eran sino modificaciones de un mismo principio, no se los habia todavia visto reproducirse los unos por los otros, y los fisicos mas sábios, siguiendo el rumbo lento, mas seguro de la experiencia se abstenian de pronunciar sobre su identidad. En fin, el descubrimiento de las corrientes eléctricas, debido

á M. Oersted, y considerablemente perfeccionado y analizado por M. Ampere, no deja ya la menor duda sobre esta identidad, y coloca los fenómenos magnéticos con los de la electricidad.

Los antiguos no tuvieron conocimiento alguno de los fenómenos eléctricos y magnéticos; habian observado solamente, pero sin ningun resultado, los efectos del ambar amarillo, en griego *electron*, y los de la piedra imán en griego *magnes*; de donde al renacimiento de las ciencias, luego que sus acciones ó efectos empezaron á ocupar á los sábios, se han sacado las denominaciones de electricidad y de magnetismo.

En el día en que están reunidos estos dos órdenes de efectos, se ha preferido á una nueva denominacion la de electro-magnetismo, que indica inmediatamente la union de estas dos ciencias.

¿Pero cual es la naturaleza de la electricidad? ¿Cual es la causa de todos los fenómenos singulares que produce?

Tales son las primeras cuestiones que se presentan á la resolución: pero sobre este punto nos vemos forzados á confesar nuestra ignorancia.

Al tratar de los fluidos imponderables, hemos procurado igualmente dar una idea de los dos sistemas que dividen á los físicos sobre el modo de considerar los fenómenos eléctricos; así que hablaremos solamente de las bases fundamentales de las dos opiniones sobre la causa de la electricidad.

En la mas antigua, que parece haber sido espuesta por Dufay, y completada por Symmer, se conciben dos fluidos que tienen una gran tendencia á unirse, á ponerse en equilibrio, y que manifiestan diversos efectos quando este equilibrio se rompe en un cuerpo: esta opinion es la mas generalmente adoptada en Francia: tal vez es la mejor que se presta á la inteligencia de los fenómenos.

La otra se debe al célebre Franklin: en esta solo se supone la existencia de un fluido susceptible de penetrar todos los cuerpos, y cuyas diversas porciones en mas ó en menos en estos cuerpos producen todos los fenómenos de atraccion y de repulsion.

De aquí nace la denominacion de electricidad positiva ó en mas cuando se supone al cuerpo cargado de un exceso de fluido con relacion á los demas cuerpos; y la de electricidad negativa ó en menos, cuando se cree en un estado contrario.

En este sistema se designan tambien las dos electricidades con los nombres de positiva, y negativa, y mas comunmente con los de vitrea y de resinosa, porque la resina y el cristal están constituidos frecuentemente en estados eléctricos contrarios.

Para seguir cierto orden en el estudio de los fenómenos del electro-magnetismo, verémos primeramente en que circunstancias este fluido, tan generalmente esparcido en la naturaleza, que representa en ella un papel tan importante, y que existe en mayor ó menor cantidad en los cuerpos, se manifiesta sensiblemente por acciones inesperadas, asombrosas y aun bizarras; en fin, diferentes de cuantas hemos estudiado hasta aquí. En seguida daremos á conocer los medios, con cuyo auxilio se ha logrado hacerse dueño de estos fenómenos, el producirlos cuando se quiere, el amplificarlos, el reconocer su presencia cuando parece enteramente oculta, el distinguir, por decirlo así, su naturaleza; últimamente el hacerlos producir efectos dignos de la mayor atencion.

Desarrollo de la electricidad: La verdadera causa productriz de los fenómenos eléctricos es desconocida: mas la esperiencia ha hecho conocer varias circunstancias en las que se desarrollan con mas ó menos energía. El número de estas condiciones de desarrollo de la electricidad se aumenta cada dia á medida que se multiplican las esperiencias, y á medida que se perfeccionan los medios de investigacion, de modo que es natural el pensar que los cuerpos no experimentan ninguna modificacion sin que se verifique una produccion de electricidad, es decir una mudanza en la cantidad del fluido eléctrico que contienen.

*Electricidad en particular.**Generalidades.*

ARTICULO SEGUNDO. El nombre de electricidad se ha derivado de la palabra griega ambar rojo ó sucino mineral en el cual se observaron los primeros fenómenos de atracción y repulsión de los cuerpos.

Medios de producir la virtud eléctrica.

Los principales medios de producir la virtud eléctrica son el rozamiento, la compresión, el contacto y el calor.

Produccion de la electricidad por el rozamiento ó frotacion Si se frota una barrita de vidrio con un pedazo de paño, ó mejor con un pedazo de papel de color, se provoca el desarrollo de una debil luz que se percibe en la oscuridad. Si en seguida se presenta la barrita á la mano se verá saltar chispitas, y si se la presenta cuerpecillos ligeros se les vé al momento precipitarse sobre ella.

En la máquina eléctrica comun, el desarrollo de la electricidad se produce por el rozamiento de un disco de vidrio con cuatro almoadillas de seda llenas de cerda. Las almoadillas deben estar untadas en la parte por donde tocan al disco con oro musivo (sulfúrico estaño) ó con una aleacion de una parte de zinc y cinco de mercurio. Puede reemplazarse el disco de vidrio con otro de resina ó con una bola, y construir de este modo una máquina eléctrica poco costosa, y suficiente para estudiar todos los fenómenos de electricidad.

Siempre que la máquina eléctrica está en movimiento, se percibe un olor particular bastante parecido al del hidrógeno, y si se acerca la mano ó la cara al disco ó al conductor se siente una especie de estremecimiento particular como si se tocara una tela de araña: si se presenta un nudillo de la mano al conductor, se saca una chispa luminosa que causa la impresion de una debil picadura.

Electricidad producida por contacto. Puestos en contacto dos cuerpos de diferente naturaleza, adquieren cada uno en general la virtud eléctrica; pero para apreciar las pequeñas cantidades de electricidad producidas se necesitan instrumentos particulares que describirémos mas adelante.

La columna de volta, ó pila galbánica, se compone de placas de zinc y cobre reunidas de dos en dos, y separadas cada par del inmediato por un cuerpo líquido ó húmedo.

Eléctricidad producida por compresion. Apretando entre los dedos por un momento una placa de carbonato de cal; adquiere una electricidad notable, y lo que es mas, esta placa conserva el estado electrico por mucho tiempo; aun cuando se pusiese en contacto con cuerpos conductores.

Esperiencias reiteradas por el célebre Becquerel han confirmado, que todos los cuerpos eran susceptibles de adquirir la electricidad por compresion, y que cuanto mas compresibles son las sustancias, tanto mas eficaz es el desarrollo de los fenómenos.

Electricidad producida por el calor. Muchas sustancias minerales dan señales evidentes de electricidad despues de calentarse, atrayendo ó repeliendo otros cuerpos: tales son, por ejemplo, los topacios, las turmalinas ó chorlos cristalizados, algunos jacintos, &c.

Electricidad animal. Existen tambien muchos pescados que tienen la propiedad de desplegar á su arbitrio mayor ó menor porcion de electricidad, de cuya facultad se valen ya para defenderse de los ataques de sus enemigos, ó ya para aturdir á los animales que les sirven de alimento.

Ultimamente, muchas operaciones químicas, tales como la disolucion de los metales en los ácidos, varias descomposiciones, la combustion, el paso de los cuerpos sólidos al estado líquido, y el de los líquidos al estado gaseoso, &c. &c., producen tambien desprendimiento de cierta porcion de electricidad.

Hipótesis de los fluidos eléctricos, y propiedades que se les atribuyen.

Ignoramos absolutamente cual es la causa primitiva de la electricidad, por lo cual es necesario adoptar una hipótesis que pueda darnos razon de los fenómenos, á fin de enlazarlos entre si, segun están comprobados por la esperiencia. Pero es preciso evitar al mismo tiempo tenerla por realidad, y darla mas importancia que la que merece por ser un medio cómodo para preveer los diferentes fenómenos observados, y enlazarlos mutuamente.

Hipótesis de Franklin. El célebre Franklin supuso la existencia de un fluido particular, repartido en todos los cuerpos en mayor ó menor cantidad, segun la capacidad de cada uno de ellos. Segun esto, mientras el fluido eléctrico permanece en equilibrios en un sistema de cuerpos, nada se observa de particular; pero roto el equilibrio por una causa cualquiera, procura al momento restablecerse, resultando todos los fenómenos observados, cuya esplicacion en general es sumamente fácil.

Hipótesis de Simmer. En esta hipótesis, tal como se concibe en el dia, todos los cuerpos contienen un fluido particular que se llama fluido natural; el globo terrestre puede mirarse como un depósito inmenso de este fluido: por lo cual, cuando se trata de electricidad recibe el nombre de depósito comun.

El fluido natural no tiene por si mismo ninguna propiedad eléctrica y es únicamente el resultado de una combinacion neutra de otros dos fluidos en los cuales recide esta propiedad. Estos dos fluidos que pueden aislarse de diferentes modos, siendo entonces cuando producen fenómenos dependientes de su naturaleza, tienen gran tendencia á reunirse ó neutralizarse mutuamente, y por esto mismo dan origen á otros efectos. No hay espresiones que definan mejor estos fluidos que las del fluido positivo y negativo.

Franklin imaginó estos nombres dándoles otro sentido, como que no admitia mas que un solo fluido que po-

dia estar en mas ó en menos en un cuerpo : en la mayor parte de las escuelas de Europa se han conservado en el sentido que hemos explicado, admitida la teoría de Symmer. En Francia se han admitido otros nombres prefiriendo los de fluido vítreo, y resinoso, porque uno es producido generalmente por el rozamiento del vidrio, y el otro por el de la resina ó lacre. Sin embargo, sucede muchas veces obtener fluido vítreo frotando la resina, y al contrario, fluido resinoso frotando el vidrio.

Propagacion del fluido eléctrico al través de los cuerpos. Facultad conductriz. Los fluidos eléctricos en estado libre penetran mas ó menos fácilmente por los diferentes cuerpos, que por esta razon se distinguen en buenos y malos conductores. Entre los cuerpos sólidos los metales son generalmente escelentes conductores, y no se nota diferencia entre ellos; el algodón, el lino, la paja, el carbon vegetal, &c. son tambien buenos conductores; pero los cuerpos sólidos vítreos, las resinas, el azufre, la seda, lana, azucar, grasas, &c. son malísimos conductores. La mayor parte de las maderas perfectamente secas, las fibras animales desecadas conducen bastante mal los fluidos eléctricos; pero en estado húmedo ó fresco, estas mismas materias los conducen bastante bien, lo que puede atribuirse á los cuerpos líquidos de que están penetrados. Los cuerpos animales vivos conducen los fluidos eléctricos con suma facilidad.

Todos los cuerpos líquidos, escepto los aceites crasos, son buenos conductores; parece sin embargo que hay alguna diferencia entre ellos; pues los aceites esenciales, y el espíritu de vino, no conducen los fluidos eléctricos tan bien como el agua; las aguas cargadas de sales ó aciduladas, y los ácidos son mejores conductores que el agua pura.

Los cuerpos aeriformes bien secos son malos conductores, y tanto peores quanto mas densos son. El aire atmosférico es generalmente mal conductor; pero cuando está sobrecargado de partículas de agua esparcidas entre sus moléculas, como sucede en las neblinas y en los tiempos húmedos, su facultad conductriz aumenta considerablemente.

Paréceme tambien que el grado de temperatura influye mucho sobre la facultad conductriz de los cuerpos; el calor la aumenta generalmente.

Los fluidos eléctricos se esparcen con la mayor facilidad en el vacío, en forma de luz blanquecina; y mas frecuentemente purpúrea, lo cual parece depender de la cantidad de fluido que se desprende á la vez.

Por lo espuesto se debe conocer por qué los conductores de las máquinas eléctricas están sostenidos por columnas de vidrio. Cuando se establece una comunicacion entre el conductor y la tierra, la máquina no produce efecto alguno, porque el fluido eléctrico se esparce al momento en el depósito comun, cuyo volúmen es demasiado enorme para ser afectado sensiblemente por él.

La velocidad con que se propagan los fluidos eléctricos de un punto á otro en un cuerpo conductor, es escesivamente grande; se puede congelar que es tan grande como la de la luz; pues en los diversos experimentos que se han egecutado, no se ha podido percibir ninguna diferencia entre el momento en que la electricidad se comunica á un punto, y el momento en que se manifiesta á siete ú ocho mil varas de distancia.

Estado eléctrico que adquieren todos los cuerpos por su mútuo rozamiento. Siguiendo la hipótesis admitida, todos los cuerpos contienen cierta cantidad de fluido natural que puede descomponerse por el rozamiento, el contacto, el calor &c. Dos cuerpos no conductores se electrizan facilmente por su mútuo rozamiento, constituyéndose uno en estado de electricidad positiva, y el otro en el de electricidad negativa. El vidrio, y casi todas las sustancias vítreas adquieren, casi siempre la electricidad positiva cuando están bruñidas, sea el que quiera el cuerpo no conductor que sirva de frotador; sin embargo, el vidrio frotado con piel de gato adquiere la electricidad negativa.

Las sustancias vítreas sin pulimentar adquieren la electricidad negativa por el rozamiento con sustancias que, cuando estaban pulimentadas, les hacian adquirir la electricidad positiva. En general todas las sustancias cuya superficie está deslustrada parece tienen tendencia á adquirir

la electricidad negativa; los cuerpos mates se hallan en igual caso.

Las sustancias resinosas manifiestan casi siempre la electricidad negativa cualquiera que sea el cuerpo no conductor con que se les frote.

Dos cuerpos, uno conductor aislado, y otro no conductor se constituyen en diferentes estados de electricidad. Los cuerpos metálicos aislados, frotados con una sustancia determinada adquieren unos electricidad positiva, y otros negativa.

En las máquinas eléctricas comunes, el disco se halla constituido en estado de electricidad positiva, y el frotador ó almoadillas en estado negativo; pero cuando se hacen comunicar las almoadillas con el depósito comun, el fluido negativo se escapa á medida que se desarrolla.

Atraccion y repulsion de las moléculas de los fluidos eléctricos. La experiencia manifiesta que las moléculas del fluido eléctrico de la misma especie se rechazan, y las de especie diferente se atraen; esto es lo que determina á los cuerpos móviles á ser atraídos ó rechazados segun las circunstancias.

Instrumentos eléctricos.

ARTICULO TERCERO. *Electróscopos y electrómetros.* Los fenómenos de la atraccion y repulsion han dado origen á los electrómetros y electróscopos, instrumentos que sirven para determinar la especie de electricidad de que un cuerpo está animado, y aproximadamente la cantidad de fluido eléctrico que contiene.

Para conocer si un cuerpo está electrizado basta presentarle un cuerpo movil en su estado natural, y ver si le atrae. Para determinar la especie de electricidad adquirida por un cuerpo basta examinar si atrae ó rechaza un cuerpo movil al que se ha comunicado de antemano una especie conocida de electricidad.

El Electroscopto de Haüy, que es muy comodo para muchos esperimentos, consiste en una aguja metálica terminada en dos bolitas, y movable sobre un eje. Se aísla sobre

una lamina de vidrio, ó una plaquita de resina; se electriza positivamente tocandola con una varilla de vidrio electrizado, y negativamente tocandola con una barrita de lacre.

El Electrómetro de Henly. Que acompaña casi siempre á la maquina electrica, consiste en una barra de madera ó marfil que sostiene un semicirculo de marfil, cuya circunferencia está dividida en partes iguales; una aguja de marfil suspendida en el centro, y terminada por una bolita de medula de sauco, se separa mas ó menos de la barra, segun la electricidad es mas ó menos intensa.

El Electrómetro de Bennet. Consiste en una botella cuadrada, por cuyo cuello pasa una varilla metalica que por fuera termina en una bola, y por dentro comunica con dos laminas de pan de oro batido, suspendidas paralelamente y muy movibles. Presentando un cuerpo electrizado á la bola, las láminas se separan una de otra, y su separacion se gradua por la especie de escala trazada sobre una de las caras de la botella.

Balanza eléctrica.

ARTICULO CUARTO. La balanza de torsion del célebre Coulomb, ha sido empleada para medir las fuerzas atractivas y repulsivas de los cuerpos electrizados. De esto nace el nombre de balanza eléctrica, que se dá tambien á este instrumento.

La balanza eléctrica, propriamente tal, se compone de una caja de vidrio cubierta con un cristal, en el cual se apoya una columna hueca tambien de vidrio. Esta columna se termina en su parte superior en una virola de cobre que sostiene una placa circular horizontal, cuyo borde está dividido en partes iguales.

Por el centro de esta placa pasa un cilindro de cobre que puede moverse girando, y lleva una aguja horizontal, de este mismo cilindro está suspendido un hilo de plata mantenido verticalmente por una pesita pequeña que sostiene una aguja horizontal de seda untada con goma laca, y terminada por uno de sus extremos por un circulito de papel dorado.

El plano está atravesado por un agujero encima de la línea de reposo de la aguja de goma laca, por donde se puede introducir en la caja una bola metálica electrizada puesta sobre un cuerpo no conductor.

Ley de las atracciones y repulsiones eléctricas.

ARTÍCULO QUINTO. La fuerza repulsiva que las moléculas de un mismo fluido eléctrico ejercen entre sí, está en razón inversa del cuadrado de las distancias.

Combinacion ó polarizacion mútua de los fluidos eléctricos. En la hipótesi que hemos adoptado, son susceptibles de combinarse los dos fluidos eléctricos para formar un fluido particular, es decir el fluido natural, el cual no tiene por sí mismo ninguna propiedad eléctrica.

Es necesario advertir en esta teoria que cuando los dos fluidos de especie diferente están en presencia uno de otro, presentándoles obstáculos para su reunion, se paralizan mutuamente, de modo que ni uno ni otro pueden producir efecto.

Distribucion del fluido eléctrico en los cuerpos.

ARTICULO SESTO. *Expansion del fluido eléctrico en los cuerpos conductores, y en el vacío.* Supuesto que las moléculas del fluido eléctrico de la misma especie se rechazan, es claro que en un cuerpo conductor que no ejerza ninguna accion química sobre estos fluidos, deben separarse unas de otras hasta que sus fuerzas repulsivas sean cero, es decir, indefinidamente; de suerte que si estuviésemos constantemente sumergidos en un cuerpo conductor, no podriamos jamas conservar cuerpos electrizados. Asi es que en los tiempos húmedos en que el aire atmosférico se hace buen conductor, la máquina eléctrica produce poquísimo ó ningun efecto.

En el vacío no conservan la electricidad los cuerpos conductores, y el fluido se esparce instantáneamente en forma de una débil luz purpúrea.

El aire atmosférico retiene al fluido eléctrico en la su-

superficie de los cuerpos. Si el fluido eléctrico que se mueve en un conductor encuentra al paso un cuerpo no conductor, se detendrá necesariamente en la superficie de separacion de los dos cuerpos: así sucede con el aire atmosférico.

Distribucion del fluido eléctrico en la superficie de los cuerpos de diversas formas. Si el solido á cuyo centro se ha comunicado cierta cantidad de electricidad es una esfera conductriz, es fácil concebir que en virtud de la ley de repulsion, el fluido se distribuirá uniformemente y formará en la superficie una capa infinitamente delgada, terminada en el exterior por la superficie misma del cuerpo, y en el interior por una superficie semejante; sin esta distribucion no podria verificarse el equilibrio.

Si en lugar de una esfera se emplea un elipsoide de revolucion, el fluido eléctrico, que supondrémos tambien dirigido al centro del cuerpo, obrará del mismo modo, respecto de la esfera inscripta; pero al llegar á los puntos de tangencia encontrará un obstáculo en el aire, y refluirá hácia los estremos del eje mayor; por consiguiente será mas abundante en estos puntos.

Si se toma un tetraedro regular, y se considera tambien inscripta en él la esfera, se concebirá que el fluido eléctrico distribuyéndose segun la ley de repulsion, llegará á los cuatro puntos de tangencia, y refluirá hácia los ángulos sólidos, ó hácia las aristas. Por consiguiente se acumulará en ellas en mayor cantidad que hácia el medio de las caras.

Distribucion del fluido eléctrico entre los cuerpos en contacto. La reparticion del fluido eléctrico entre los cuerpos en contacto, y sobre la ley de la distribucion de este fluido en los diferentes puntos de estos cuerpos, el apéndice no depende absolutamente de la naturaleza, sino de la fuerza de estos cuerpos; segun lo demostró Coulomb por varios experimentos.

Distribucion del fluido eléctrico en la superficie de los cuerpos en contacto. Cuando dos esferas electrizadas del mismo modo se tocan, las moléculas del fluido en virtud de la ley de repulsion deben refluir de una y otra parte

del punto de contacto, de suerte que la tension eléctrica sea nula en este punto, y en los puntos circunvecinos hasta cierta distancia: observandose que cuanto mas desiguales son las esferas, tanto mas se aprocsima á la uniformidad la tension eléctrica en la esfera mayor, y mas varia sobre la pequeña desde el punto de contacto hasta los 180°

Puntos y penachos luminosos que se forman al estremo de una punta. Si despues de colocar una punta en el conductor de una máquina eléctrica dispuesta para dar el fluido pósitoivo, se hace girar al disco, se verá en la oscuridad un bonito penacho luminoso que se esparce en el aire desde la punta.

Si la punta es movil será rechazada hacia atrás, como sucede en la rueda eléctrica, que es un hilo metálico puesto en figura de S aguzado por ambos lados, y sostenido por un eje en su centro que los deja moverse.

Si en vez de una punta se colocan dos sobre el conductor, se perjudicarán mutuamente estando muy procsimas, lo que procede de la repulsion mutua de las moléculas del mismo fluido acumulado en cada punto.

Si se coloca una punta sobre el conductor de una máquina dispuesta para producir el fluido negativo, no se vé mas que un punto luminoso en vez de un penacho: esto se esplica por la mayor resistencia que opone el aire al movimiento del fluido negativo: que al del positivo; hipótesi que ha sido introducida por Trémery en vista de varios experimentos.

Accion de los cuerpos eléctricos sobre los que permanecen en estado natural.

ARTÍCULO SEPTIMO. *Chispa eléctrica. = Distancia esplosiva.* Cuando un cuerpo conductor está cargado de electricidad detenida en su superficie por la resistencia del aire, se saca una chispa mas ó menos viva presentando un nudillo de la mano ó un cuerpo redondo en estado natural, segun es mayor ó menor la tension del fluido eléctrico.

Se ha llamado distancia esplosiva al intermedio mayor que puede haber entre dos cuerpos situados en un medio

cualquiera no conductor, de los cuales uno robe el fluido eléctrico del otro por medio de una chispa; de suerte que pasada esta distancia no se verifica la chispa.

La distancia explosiva varia segun la tension del fluido en la superficie del cuerpo electrizado, segun la facultad conductriz, y la forma de este cuerpo; y en fin segun la mayor ó menor resistencia del medio ambiente.

En igualdad de circunstancias, la distancia explosiva es mayor en el aire seco enrarecido, que en el aire seco condensado: siempre es mayor en este fluido que en el vidrio, y en este cuerpo mayor que en las resinas.

Si cuando se dispone una serie de cuerpos conductores de suerte que disten entre si pequeños intervalos; se comunica á uno de ellos una porcion de electricidad, se vé pasar esta de uno á otro por medio de chispas; por ejemplo, cuando se suspende una cadena metálica del conductor de una máquina en accion, se ven en la oscuridad pasar rapidamente de un eslabon á otro chispas, de lo que resulta una especie de cadena ó cinta luminosa mas ó menos intensa. Se han imaginado varios aparatos para producir en la oscuridad efectos variados y agradables por medio de las chispas, tales como letreros, columnas, ramilletes &c.

Estos aparatos consisten por lo general en láminas ó tubos, y globos de vidrio, en cuya superficie están pegados cuadritos de estaño poco distantes entre si, ó láminas del mismo metal, en las cuales están dibujados con un corta plumas, arboles, ramilletes, pajaros, &c. Se hace comunicar uno de estos puntos metálicos con el conductor de la máquina eléctrica, y el otro con el depósito comun, y puesta en accion la máquina pasa el fluido eléctrico saltando de cuadro á cuadro en forma de chispas, y recorriendo así las figuras dibujadas. Estos aparatos se llaman cuadros mágicos.

LECCION LV.

DE LA ESFERA DE ACTIVIDAD ELÉCTRICA: DES-
COMPOSICION DEL FLUIDO: ELECTRÓFORO: CONDENSADOR:
ELECTRÓMETRO CONDENSADOR: FENÓMENOS DE LA ELECTRICI-
DAD ACUMULADA: GALVANISMO: CONSTRUCCION DE LA PILA DE
VOLTA; SUS FENÓMENOS.

Esfera de actividad eléctrica.

ARTICULO OCTAVO. La accion de un cuerpo electrizado no se limita á la distancia esplosiva, sino que se manifiesta mucho mas lejos de una manera menos marcada á la verdad; pero acaso mas digna de la atencion del fisico.

La mayor distancia á que un cuerpo electrizado puede manifestar su accion, se mira como el rádio de una esfera que por esta accion se llama esfera de actividad eléctrica.

Este rádio es mayor ó menor segun la tension del fluido eléctrico en la superficie del cuerpo electrizado, segun la facultad conductriz de este cuerpo, y la de aquel sobre quien obra; y en fin segun la naturaleza del medio ambiente.

Cuando un cuerpo cargado de una especie de electricidad esté en presencia de otro en estado natural, descompone al fluido natural de este cuerpo, atrae hacia si el fluido de especie diferente al suyo, y rechaza al de su misma especie hácia la parte opuesta. Si el cuerpo en estado natural es movil, se precipita sobre el cuerpo electrizado, y entonces es preciso distinguir dos casos.

1.º Si los cuerpos no son conductores, ó si el uno lo fuese, y el otro no, quedan aplicados uno sobre otro, porque los fluidos eléctricos no salen de estos cuerpos sino con trabajo, y no pudiendo desde luego combinarse para formar fluido natural, continuan atrayendose mutuamente.

2.º Si los dos cuerpos son conductores, apenas se haya verificado el contacto, cuando los dos fluidos de especies diferentes se reunirán y formarán el fluido natural; entonces el fluido rechazado á la parte opuesta del cuerpo movil se dividirá entre los dos cuerpos, que quedarán electriza-

dos del mismo modo, y por consiguiente se rechazarán.

Si por un medio cualquiera se quita á uno de estos cuerpos su electricidad, será de nuevo atraído por el otro, ó le atraerá: en este principio se fundan los experimentos llamados danza y campanilla, ó repiques eléctricos.

Danza eléctrica. Si suspendemos de un conductor de una máquina eléctrica una placa de metal, que tiene otra colgada de si misma por medio de cordones de seda; esta segunda placa comunica con la tierra por medio de una cadenilla, disponiendo sobre ella dos ó tres figuritas de papel ó de medula de sauco, y haciendo obrar la máquina, al momento las figuras se levantan, saltan, giran, y voltean como los danzarines.

Estando la máquina en movimiento las figuritas sufren la accion del platillo superior que está electrizado; son atraídas hácia él, y despues del contacto hallándose con la misma especie de electricidad son rechazadas, y caen sobre el platillo inferior que se apodera de su electricidad, y la comunica al depósito comun por medio de la cadenilla; se quedan las figurillas en estado natural, y son vueltas á atraer y á subir y bajar de nuevo.

Repique eléctrico. Si se cuelga del conductor de una máquina una varilla horizontal metálica que tiene suspendidas dos campanillas ó timbres de reloj, uno por medio de una cadenilla metálica, y el otro por un cordon de seda, y que comunica con el depósito comun por medio de otra cadenilla: un cuerpecillo metálico está suspendido en medio de los dos por un cordon de seda.

Cuando se hace obrar la máquina, el timbre se electriza, atrae al cuerpo que repele al momento que se verifica el contacto: el cuerpo que se halla electrizado va hácia el timbre de la cadena que no lo está, y abandonando allí su electricidad, vuelve por efecto de la gravedad á su sitio de donde le saca de nuevo la atraccion del cuerpo electrizado, y reproduce los mismos fenómenos.

Descomposicion del fluido.

ARTICULO NOVENO. La descomposicion del fluido natural

se manifiesta evidentemente por medio del siguiente experimento. Póngase enfrente del conductor de una máquina, y á cierta distancia poco considerable, un cilindro metálico aislado en estado natural, que tenga un electrómetro en una de sus estremidades. Puesta la máquina en movimiento el cilindro no tardará en dar señales sensibles de electricidad, si se le toca con el dedo al momento bajará el electrómetro, y desaparecerá toda la traza de electricidad; pero si se aleja en seguida del conductor, volverá á subir el electrómetro, y reconociendo por medio de un electróscopo la electricidad que se manifiesta, se verá que es de especie contraria á la que se manifestaba en el primer caso.

En este experimento el fluido repartido por el conductor de la máquina que suponemos positivo, descompone el fluido natural del cilindro, atrae á la estremidad que mira al conductor el fluido negativo, el cual paraliza, y rechaza hácia la estremidad opuesta al fluido positivo, que viéndose en estado libre manifiesta su presencia por el electrómetro.

Accion de una punta para substraer el fluido eléctrico. Ya hemos visto que una punta metálica colocada sobre el conductor, esparce el momento en la atmósfera el fluido eléctrico que recibe. Una punta colocada delante de un conductor le roba prontamente su fluido eléctrico sin producir chispas. En este caso es menester concebir que el fluido natural de la punta se descompone por el fluido eléctrico del conductor; el fluido semejante es rechazado hácia la parte opuesta, y desde ella vá al depósito comun si hay comunicacion. Por el contrario, el fluido de especie diferente es atraído hácia la punta donde se acumula escesivamente, y adquiere, segun los experimentos de Coulomb, bastante tension para vencer la resistencia del aire. Se precipita, pues, en un solo punto del conductor, y se combina con su fluido para formar el natural.

Una punta obra sobre el conductor á gran distancia, pues á 5 ó 6 varas puede todavia sustraerle su fluido. Una punta colocada sobre el electrómetro de Bennet atrae la electricidad de la atmósfera, y manifiesta su presencia por la

separacion de las dos laminitas, aun cuando se esté lejos de poder siquiera sospecharla.

Estos experimentos nos conducen á describir varios instrumentos de que todavía no hemos hecho mencion; tales son el electróforo, el condensador, y el electrómetro condensador.

Electróforo.

ARTICULO DIEZ. Este instrumento fué inventado por Wilck, profesor de fisica en Estocolmo. Se compone de un platillo ó torta de resina bien lisa, y de un disco metálico mas pequeño, al cual está adaptado un mango de cristal que sirve para aislarle cuando se tiene en la mano. Se electriza la resina frotándola con una piel de liebre ó gato, y se coloca encima el disco metálico.

El platillo resinoso queda electrizado negativamente, su fluido descompone al natural del disco, atrae así el fluido positivo con tanta mayor fuerza cuanto mas pequeño es el disco, y rechaza el fluido negativo á la parte opuesta.

Este fluido está por consiguiente detenido por el aire, y deseando escaparse, como lo hace en efecto cuando el aire es húmedo, ó mucho mejor cuando se le presenta el dedo.

Se puede reemplazar el platillo de resina con otro de vidrio y no se notaria mas diferencia en el fenómeno, que la de que en la mayor parte de los casos la electricidad, que se sacaria del disco metálico seria negativa, por ser mas frecuente que el vidrio se electrice positiva que negativamente.

Condensador.

ARTICULO ONCE. Este instrumento que se debe á OEpino es de la mayor utilidad para hacer sensibles las mas débiles porciones de electricidad.

Se compone de un disco metálico, llamado platillo colector, bien pulimentado, provisto de su correspondiente mango de cristal, y de un platillo que debe formarse de

una sustancia semi-conductriz, tal como una lámina de mármol, madera seca, ó mas bien de otro disco metálico separado del primero por medio de una capa de barniz, ó de una placa delgada de vidrio, este platillo debe comunicar con el depósito comun por el lado opuesto al otro disco.

Este instrumento produce el mismo efecto que el electróforo, si se comunica cierta cantidad de fluido eléctrico al platillo colector, este fluido descompone al fluido natural del platillo inferior, atrae el de especie diferente, y rechaza el de especie semejante hácia el depósito comun: los dos fluidos que están en presencia uno de otro se paralizan mutuamente y no pueden reunirse por causa del mal conductor que los separa.

Si dos sustancias por su mútuo rozamiento ó contacto no desarrollan sino cantidades pequeñísimas de fluido eléctrico, seria imposible apreciarlas por medio de los instrumentos conocidos anteriormente; pero acumulándose sucesivamente en el platillo colector del instrumento de que tratamos, las diversas cantidades de electricidad que se producen á cada instante, es claro que se obtendrá una cantidad de electricidad, que será apreciable despues de cierto número de contactos. Levantando entonces el platillo colector se podrá sacar de él una chispa, ó medir la electricidad que contiene por medio del electrómetro de Bennet.

Electrómetro condensador.

ARTICULO DOCE. Este instrumento no es otra cosa mas que el electrómetro de Bennet, al cual se adapta el condensador: son dos discos metálicos, cuyas caras que se tocan están cubiertas con una capa de barniz. El disco va acompañado de un mango de vidrio, y comunica con el depósito comun por medio de una lámina metálica encorvada hácia delante para tenerle léjos de la botella. El disco que mira hácia el electrómetro comunica con las dos laminas de oro.

Se comunica la electricidad del cuerpo al platillo, en el cual se puede acumular, y cuando se juzga haber hecho

el suficiente número de contactos se levanta el disco, entonces la electricidad se manifiesta, haciendo separar las láminas de oro. Se puede medir esta separacion por la escala graduada del electrómetro; y dividiendo el número de grados por el de contactos sucesivos se podrá formar la idea de la cantidad de electricidad producida, y comunicada cada vez.

Fenómenos de la electricidad acumulada.

ARTÍCULO TRECE. La teoría de la influencia de los cuerpos electrizados sobre los cuerpos en estado natural nos ha conducido al condensador, que hasta ahora hemos considerado solamente como un instrumento cómodo para reunir y conservar las pequeñas cantidades de electricidad que no podrian apreciarse separadamente. Pero tambien puede servir este aparato ú otro construido con arreglo á sus mismos principios, para reunir ó acumular grandes cantidades de electricidad, y llegar de este modo á observar fenómenos bastante notables por la violencia de sus efectos.

Si se hace comunicar uno de los platillos de un condensador formado de dos discos metálicos, separados por una lámina de vidrio, con el conductor de una máquina en accion, y el otro con el depósito comun, el fluido producido por la máquina se esparcirá por el primer platillo desde donde estenderá su influencia al través del cristal; descompondrá el fluido natural del segundo platillo, y atraerá hácia sí el fluido contrario, por quien quedará paralizado; el fluido semejante se escapará entonces al depósito comun. Continuando la máquina en dar electricidad, la comunicará sucesivamente al platillo primero con quien está en contacto; y llegando constantemente fluido natural al segundo platillo por consecuencia de su comunicacion con el depósito comun, se producirá tambien sucesivamente la electricidad contraria.

Resulta de esto que podrán acumularse en los dos platillos, grandes cantidades de fluidos opuestos, hasta que, llegando á ser su tension bastante fuerte para vencer la resistencia del vidrio, atraviesen ambos fluidos este cuer-

po, y se reúnan produciendo esplosion.

Para descargar el aparato sin recibir la conmocion se puede emplear los escitadores que se componen de barritas metálicas cortadas por su medio, y unidas ambas partes por una charnela, y terminadas en dos bolas: dos mangos de madera seca cubierta con lacre, ó mas bien de cristal sirven para tener el instrumento sin recibir ninguna porcion del fluido eléctrico. Para usar este instrumento basta colocar una de las bolas en un disco; y la otra sobre el opuesto

Cuadro fulminante. Frasco ó bocal eléctrico. Botella de Leyden. Como es inútil en estos esperimentos que los discos metálicos sean móviles, se puede remplazar el condensador con otros aparatos mas sencillos, que producen el mismo efecto. Puede por egemplo, emplearse una lámina de vidrio cubierta por ambos lados con una hoja de estaño que remplace al disco. Estas hojas no deben llegar hasta el borde del vidrio, sino que deben dejar descubiertas todo á su rededor unas cinco ó seis lineas de la lámina. Este aparato toma el nombre de cuadro fulminante.

Tambien puede usarse una vasija de vidrio, tal como un frasco, tarro ó vaso; cuyas dos caras interior y exterior se guarnecen de hojas de estaño hasta unas cuatro ó seis lineas de los bordes. Entonces toma el aparato el nombre de bocal ó frasco eléctrico.

Ultimamente puede darse tambien al aparato otra disposicion valiéndose de una botella; cuyo exterior se guarnece con hoja de estaño, y el interior se llena con hojillas lijeras de metal ó pan de oro, lo que produce el mismo efecto que la guarnicion interior. Una varilla metálica recta ó curva terminada en un boton ó bola comunica con el interior de la botella.

Este aparato ha tomado el nombre de botella de Leyden, porque en Leyden fué donde el año 1745 se hizo el primer esperimento, que no solo dió origen al aparato, sino que hizo descubrir todos los fenómenos de la electricidad acumulada.

Todos estos aparatos pueden cargarse del mismo mo-

do que el condensador, poniendo una de sus guarniciones en contacto con el conductor de una máquina eléctrica en movimiento, y la otra en comunicacion con el depósito común, ya sea por medio de una cadenilla, ó ya con solo tenerla en la mano.

Este último medio es el que se emplea mas comúnmente para cargar una botella de Leyden: si se le tiene por la guarnicion exterior, se electriza poniendo el boton de la varilla en contacto con el conductor, y si se tiene por el boton se la electriza poniendo la guarnicion exterior sobre el mismo conductor.

En el primer caso, si la máquina produce electricidad positiva, el interior de la botella queda electrizado positiva, y el exterior negativamente: al contrario en el segundo caso.

Batería eléctrica. Cuando se quieren obtener efectos eléctricos muy considerables, se reunen cierto número de botellas de Leyden que se hacen comunicar entre sí por diferentes guarniciones, es decir, por una parte todas las guarniciones interiores, y por otra todas las exteriores.

Para esto se colocan todas estas botellas en un cajon, cuyo fondo esté guarnecido de hoja de estaño, y se enlazan los botones con varillas metálicas.

Este aparato toma el nombre de batería eléctrica. Se carga lo mismo que una sola botella, haciendo comunicar una de las guarniciones con el conductor de una máquina, y la otra con el depósito común.

Los efectos de la batería eléctrica son súmamente violentos; es preciso evitar cuidadosamente el recibir su descarga; pues tal vez podria cualquiera lastimarse peligrosamente, ó á lo menos sufrir una conmocion de la que quedase resentido por largo tiempo.

Los pájaros y otros animales pequeños quedan muertos instantáneamente por la descarga de una batería compuesta de seis-ú ocho botellas.

Quando se quiere descargar una batería eléctrica se emplea el escitador, se pone una de las bolas sobre la guarnicion exterior, y se acerca la otra á la guarnicion interior. Se obtiene entonces una chispa súmamente viva que

alguna vez puede atravesar un platillo de vidrio sin romperle, pues solamente deja un agujero casi imperceptible, lo cual procede sin duda alguna de la suma velocidad con que es lanzada.

Combustion eléctrica. La chispa eléctrica lanzada sobre una sustancia combustible la inflama fácilmente como sucede con el espíritu de vino caliente; pero con una batería se pueden producir combustiones mas notables, como son las de los metales.

Botella de Ingenhousz. Consiste en una botella de Leyden, cuya superficie está cubierta con un barniz hecho con lacre para preservarla de la humedad. Una cinta de tafetan barnizado, y un pedazo de pellejo de liebre ó gato acompañan á esta botella, y el todo está encerrado en un estuche muy manual. Se carga la botella pasando su boton de la guarnicion interior por la cinta al paso que se frota á esta con el pellejo.

Tambien se ha dispuesto la botella de Leyden en forma de baston, dándola el nombre de baston eléctrico, el cual se usa como la botella de Ingenhousz para causar una conmocion á cualquiera cuando menos lo piensa.

Consiste en un tubo de vidrio guarnecido como una botella de Leyden comun, y metido en un tubo de hoja de lata pintada.

Electricidad producida por el contacto de diversas sustancias ó galvanismo.

ARTICULO CATORCE. *Fenómenos fundamentales.* Dos cuerpos de diferente naturaleza puestos en contacto se constituyen en estado eléctrico; el uno positiva, y el otro negativamente. Pero la cantidad de electricidad producida en cada contacto es tan pequeña que no se hace sensible, sino por su acumulacion en un condensador.

Si se toman, por ejemplo, dos metales, tales como zinc y cobre, se constituyen el primero en estado de electricidad positiva, y el segundo en el de negativa; advirtiéndose que estos fenómenos no se verifican sino por el inmediato contacto, de suerte que si se interpone entre estos dos cuer-

pos otro cualquiera como una capa de barniz , ó un trapo húmedo , &c. , no se produce ningun efecto eléctrico.

Formando una placa metálica compuesta de dos metales , como zinc y cobre soldados juntos , se observa que , si se toma entre los dedos el extremo cobre , y se pone el extremo zinc sobre el platillo colector de un condensador , no se electrizará dicho platillo , porque siendo de cobre desarrollará una electricidad contraria que paralizará la que el zinc pueda comunicarle ; pero si se cubre de antemano el platillo con un papel húmedo , se electrizará positivamente hasta el mismo grado que el zinc , porque éste , á medida que cede su electricidad al platillo , saca otra tanta del cobre con que está soldado.

Si se toma entre los dedos el extremo zinc , y se pone el extremo cobre sobre el platillo colector , este se electrizará negativamente , ya se le cubra con un papel húmedo , ó ya se le deje descubierto.

Partiendo el célebre Volta de estos fenómenos , logró prontamente el descubrimiento de un instrumento que conserva en el dia el nombre de pila de Volta , ó pila Galvánica.

Construccion de una pila de Volta.

ARTICULO QUINCE. La pila de Volta , tal como fué construida por este sábio fisico , se compone de discos metálicos de zinc y cobre reunidos en contacto de dos en dos , por lo cual se llaman pares : estos pares se sobreponen unos á otros conservando siempre el mismo orden , y separándolos entre sí con rodajas de carton ó trapo humedecidas. Todo el aparato está dispuesto verticalmente.

Se ha variado considerablemente la construccion de este aparato , uno de los mas importantes que poseen la fisica y la química. En la pila que se ha empleado durante largo tiempo como mas enérgica , y se llama pila de artesa ú horizontal , las dos placas estaban soldadas en toda su superficie , y dispuestas de canto en una caja donde dejaban entre sí un intervalo poco considerable para contener el líquido conductor.

En el día el aparato que se usa como mas enérgico se dispone de otro modo. Las placas no están soldadas sino por sus bordes, y aun no enteramente terminándose cada una de ellas por una lengüeta. Están encorvadas de modo que puedan estar sumergidas verticalmente en unas casillas de vidrio, porcelana ó madera: cada casilla excepto la primera y la última, recibe entonces dos placas de diferente naturaleza.

Para manejar cómodamente este instrumento están fijos los pares en un liston por medio de tuercas, y se pueden sumerjir arbitrariamente en la casilla que está debajo, dividida en sus correspondientes separaciones.

Pueden variarse estas construcciones de mil modos; siendo la única disposicion necesaria de conservar, pues de ella depende la mayor ó menor ventaja de los aparatos, la de que las placas puedan hallarse en contacto por ambos lados con el líquido conductor.

El zinc y el cobre son los metales que merecen la preferencia para la construccion de las pilas, porque entre los cuerpos metálicos que pueden adquirirse facilmente, son los que desarrollan mejor la electricidad por su contacto mútuo.

Pero un gran número de sustancias, por no decir todas, producen electricidad en cierta cantidad cuando se las pone en contacto de dos en dos; y aun parece que no es necesario que las dos placas sean siempre de naturaleza diferente, pues Desaignes ha observado que puede formarse una pila voltaica con disco de un mismo metal, siempre que se hallen en diferentes temperaturas.

Fenómenos.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. *Teoria de la pila voltaica.* Parece que el efecto de los cuerpos húmedos se limita sensiblemente á conducir el fluido eléctrico de un par á otro; por esta razon las aguas cargadas de sal, y los líquidos acidulados producen mayor efecto, puesto que son mejores conductores. De aquí se sigue que dos placas que están separadas por un conductor húmedo deben tener la misma tension eléctrica.

Si se hace comunicar la pila por uno de sus extremos, por ejemplo, el cobre con el depósito comun, y se valúa la electricidad de cada placa de cobre por medio de la balanza eléctrica, se halla que desde el punto de comunicacion hasta el otro extremo las tensiones electricas de las placas de cobre siguen la progresion natural 0, a, 2a, 3a, 4a, &c.

De aquí se deduce la consecuencia de que la diferencia entre dos placas en contacto es constante, estén ó no en estado natural.

Identidad del fluido de la pila voltaica con el fluido eléctrico. Todos los fenómenos que presenta la pila, son idénticos á los que se obtienen con las máquinas y conductores eléctricos comunes.

Asi es que dos hilos colocados en un mismo extremo de la pila se rechazan como los que están atados á un mismo extremo de un conductor electrizado; al contrario se atraen dos hilos que están atados á los extremos opuestos de la pila.

Se carga una botella de Leyden con la pila, haciéndola comunicar con uno de sus extremos, mientras el otro comunica con el suelo; lo mismo identicamente que si se la pusiese en comunicacion con el conductor de una máquina comun, y se experimenta la misma conmocion quando se tocan á la vez, despues de cargada, sus dos guarniciones.

Conmocion de la pila. Si despues de mojarse las manos se tocan á la vez los dos extremos de una pila algo fuerte, se experimenta al momento una conmocion, y despues una sensacion convulsiva continúa, que se estiende tanto mas arriba en los brazos, cuando mejor conductor es el líquido en que está dispuesta la pila; si muchas personas se agarran de la mano, y la primera y última tocan los extremos de la pila, la conmocion no es sensible para las personas colocadas en los extremos.

Cuando se tienen las manos secas, la conmocion es casi nula, porque la epidermis es muy mal conductor.

Combustion de los metales. Cuando se tocan á la vez los dos extremos de una pila con un alambre, se observa

una chispa en el punto del contacto; y si la pila es bastante fuerte; el metal se inflama y quema en cierta longitud: de este modo se pueden quemar todos los metales mucho mas fácilmente que con la batería eléctrica. La pila tiene tanta mayor actividad para quemar los hilos metálicos, cuanto mayor es la superficie de las placas.

Descomposicion de los cuerpos. Hace mucho tiempo que se sabe que los fluidos eléctricos tienen la propiedad de descomponer un gran número de cuerpos. El célebre Lavoisier empleó la electricidad de una máquina comun para descomponer el agua, y Wollaston, perfeccionando el aparato de descomposicion, logró producir efectos mucho mas sensibles. Pero la pila voltaica que se ha convertido en manos de los químicos en una mina de descubrimientos preciosos casi inagotable no es menos cómoda y enérgica que las demas máquinas eléctricas, y ofrece ademas una particularidad que no presentan las máquinas comunes; á saber, que los elementos componentes de los cuerpos quedan separados, dirigiéndose uno al polo ú extremo positivo, y el otro al polo negativo.

Para verificar la descomposicion de un cuerpo por medio de la pila, se pone á este cuerpo en contacto, por un lado con el polo positivo, y por otro con el negativo, valiéndose de hilos conductores, cuyos extremos están fijados á los polos del aparato, mientras que se ponen los otros dos sobre el cuerpo, de modo que no se toquen, y únicamente se hallen á una corta distancia un extremo del otro. Entonces el cuerpo se descompone en dos elementos simples ó compuestos segun la naturaleza, de los cuales uno se dirige hácia el lado positivo, y el otro hácia el negativo; de donde debe deducirse, por consecuencia de la influencia de los dos hilos sobre las partículas del cuerpo que se hallan entre ambos, que uno de los elementos se constituye en el estado positivo, y el otro en el estado negativo; el primero es atraído entonces por hilo negativo; y el otro por el hilo positivo.

Thenard y Gay-Lussac han hallado que los efectos químicos de una pila voltaica son proporcionales á la superficie de las placas, y á la raíz cúbica de su número, de lo

que han deducido que en algunas circunstancias valé mas servirse de pilas separadas, cada una de su cierto número de discos, que no reunir todos estos en una sola; supuesto que en el primer caso, el efecto es proporcional al número de placas, y en el segundo, únicamente lo es á la raíz cúbica de este número.

LECCION LVI.

DE LA ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR EL CALOR : DE LA QUE GOZAN VARIOS PESCADOS : RAYO : PARA-RAYO : CHOQUE DE RETROCESO : RUIDO DEL TRUENO : GRANIZO : INFLUJO DE LA ELECTRICIDAD SOBRE LA ECONOMÍA ANIMAL Y VEGETAL : APLICACIONES Á LA MEDICINA : FENÓMENOS ELECTRO-MAGNÉTICOS Ó CORRIENTES ELÉCTRICAS : FENOMENOS DEL IMAN : DEL MAGNETISMO DEL GLOBO TERRESTRE.

Electricidad producida por el calor.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Muchas sustancias minerales son susceptibles de adquirir la virtud eléctrica si se las pone á cierto grado de temperatura, y presentan en general el notable fenómeno de que sus dos extremos son solicitados por electricidad de diferentes especies.

La turmalina es conocida sobre todo por esta propiedad hace mucho tiempo, y ha servido de base á muchos de los esperimentos hechos por diferentes físicos.

Despues de calentar una turmalina, escojida entre los cristales en agujas que se hallan en las rocas primitivas, se verá que, presentando uno de sus extremos á un cuerpo móvil en estado natural, le atraerá; si este cuerpo está electrizado de antemano le atraerá por uno de sus extremos, y le rechazará por el otro; de donde se deduce, como hemos dicho que uno de sus extremos está en estado positivo, y el otro en estado negativo.

Pero para observar completamente el fenómeno es menester que la piedra esté caliente con uniformidad en toda su estension, pues si se calentase solo por uno de sus

estremos se obtendrian fenómenos diferentes como veremos mas adelante.

Los cuerpos electrizados por el calor no principian á manifestar su virtud eléctrica, sino cuando han llegado á cierto grado de temperatura. Si llega el caso en que la temperatura quede un momento estacionaria, desaparecen todas las trazas de electricidad, y si despues de este estado estacionario disminuye la temperatura vuelve á aparecer la electricidad, pero en sentido inverso; es decir, que el lado de la piedra que presentaba la electricidad positiva, manifiesta entonces la electricidad negativa y reciprocamente. En este caso la electricidad aumenta á medida que la temperatura disminuye, hasta un cierto término, pasado el cual disminuye sucesivamente hasta ser cero.

Deduciéndose de lo espuesto, que bajo condiciones favorables todos los cuerpos, incluso el vidrio, son susceptibles de electrizarse por el calor, y presentar polos como la turmalina, y otras muchas sustancias minerales.

Electricidad de varios pescados.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. Los fisicos y naturalistas distinguidos han observado, que muchas especies de rayas, la gymnota-torpedo, el siluro temblador, el tetrodon, y trichuro eléctricos gozan por si mismos de la virtud eléctrica, y pueden usarla á su arbitrio para defenderse, ó para aturdir á los animales que les sirven de alimento. Si se toca alguno de estos animales, se recibe una conmocion muy fuerte que los pescadores evitan con cuidado.

Se han sacado chispas de los conductores puestos en comunicacion con estos animales, y se han cargado botellas de Leyden; y en fin, se han observado todos los fenómenos de la electricidad ordinaria.

La forma y posicion del órgano que produce la electricidad en estos seres, son súmamente variables segun las especies. En las rayas son partes musculares dispuestas en hojillas trasversales separadas entre sí por una materia gelatinosa y encerradas en una multitud de tubillos colocados á cada lado de la cabeza.

En la gymnota-eléctrica son unas redecillas anchas y profundas colocadas bajo la cola, y cuyas celdillas ó mallas están llenas de materias gelatinosas.

En el siluro temblador es un tejido súmamente fino colocado alrrededor del cuerpo &c.

La electricidad parece producirse por el contacto de las partes musculosas; y las gelatinosas; es un hecho muy importante de la fisiología animal, que merece estudiarse con sumo cuidado.

Rayo.

ARTÍCULO DIEZ Y NUEVE. Vistos los violentos efectos producidos por la descarga de las baterias eléctricas, tales como la muerte de varios animales, la fundicion de los metales, ó su combustion, causará menos admiracion cuando se oiga decir que el rayo no es sino una fuerte descarga eléctrica; pero es preciso no confundir el rayo con el ruido que le acompaña, y que constituye el trueno.

La propiedad eléctrica se escita en los cuerpos de varios modos como hemos manifestado, y entre ellos lo son la frotacion y comunicacion.

Así que en los tiempos de tempestad en que ordinariamente vemos ir los vientos y las nubes encontrados, una parte de la atmósfera se desliza sobre la otra. El aire, que es un cuerpo idio-eléctrico se electriza frotándose contra sí mismo ó contra los objetos terrestres que encuentra al pasar, y comunica su electricidad á la nube que lleva. Esta nube en la cual se amontona la electricidad, llega á hacerse un cuerpo electrizado que debe producir todos los efectos que presentan los cuerpos que nosotros electrizamos. Si encuentra pues, otra nube que no esté electrizada, despide de sí un relámpago, que no es otra cosa que la luz de una gran chispa eléctrica, acompañada de un gran ruido.

Nosotros no le oimos cuando este choque se verifica en un lugar de la atmósfera mui distante; pero si se hace cerca, causa un ruido espantoso, y sobre todo si es repetido por los ecos que forman las nubes y las montañas ve-

cinas que producen esa especie de rodada que muchas veces oímos despues de un trueno.

Este, segun varios fisicos, resulta tambien de la explosion que causa una combinacion repentina de una mezcla de gas oxígeno y de gas hidrógeno que la chispa eléctrica inflama en las regiones atmosféricas que son el teatro de los rayos. Si la nube eléctrica, en lugar de chispear contra otra nube, lanza su chispa frente á frente, ó contra un objeto terrestre que se encuentre á una distancia conveniente, hé aquí el rayo, que destroza todo cuanto hiere.

Reconocido el poder de las puntas sospecharon los fisicos (Franklin) que una varilla de hierro levantada sobre un edificio podria atraer el fluido eléctrico.

Y de aquí la invencion de los aparatos que conocemos con el nombre de para-rayos.

Para-rayos.

ARTÍCULO VEINTE. Medio para preservar los edificios de los efectos funestos del rayo.

Consiste en una vara de metal terminada en punta, que puesta sobre un edificio, se comunica por cierto conducto con la tierra, ó regularmente vá á parar á un pozo.

Estas puntas de metal tienen la propiedad de variar y sustraer poco á poco la electricidad de la atmósfera y de conducirla á la tierra. Entonces las nubes que se hallan encima, no pueden producir chispas fulminantes; pero como estas puntas no obran sino muy de cerca, no lo hace sobre las nubes que están mui distantes.

Tal es la idea sencilla de los para-rayos. Su construccion exige sin embargo algunas precauciones, sin las cuales en vez de preservar los edificios, tal vez podrian dañarlos muchísimo.

En el dia la vara de hierro está terminada en una punta de platino, metal que no es susceptible de alterarse por la accion del aire atmosférico. Los conductores son varillas de hierro que van á terminar en un pozo. Tambien se usa para conductores una especie de cuerdas formadas de alambre retorcido, y cubiertas con una capa de barniz.

craso, prolongandose estas cuerdas hasta el borde de un pozo donde tienen atada á su extremo una barra de hierro, que por el otro cabo está sumergida en el agua. Esta construcción tiene algunas ventajas respecto de la ordinaria.

Cuando se quieren poner para-rayos en los grandes edificios, es preciso multiplicarlos de modo que sus diferentes esferas de actividad no dejen ningun espacio entre si. Se ha hallado por esperiencia que el rádio de esta esfera es de 11,963 varas de suerte que basta una distancia de 23,926 varas entre dos para-rayos. Si estuviesen demasiado proximos se dañarian mutuamente; y no producirian efectos.

Choque de retroceso.

ARTICULO VEINTE Y UNO. Entre los diferentes modos con que un hombre puede ser muerto por el rayo, hay uno al cual Lord Mahon ha dado el nombre de choque de retroceso; y merece ser conocido. He aqui el hecho.

Sea una nube electrizada, cuya esplosion se verifica en un punto, un pasajero colocado en el centro de la nube no sufrirá conmocion alguna, al paso que otro colocado en el punto opuesto podra sufrirla, y quedar en el sitio.

Ruido del Trueno.

ARTICULO VEINTE Y DOS, El ruido del trueno no se explica todavia de un modo bien satisfactorio. Unas veces es este ruido una especie de estruendo ó sonido prolongado como si fuera una serie de ecos. Otras es una esplosion repentina sin este estruendo, analoga á la descarga de una porcion de piezas de artilleria.

Monge ha observado que el rayo acompaña siempre á la formacion repentina de una gran nube, ya sea su causa, ó ya su efecto: este sabio ha sacado de aqui una explicacion que merece ser conocida.

La formacion de esta nube dice que es debida á la condensacion del vapor acuoso, y por consiguiente resulta de ella un vacio en la parte de la atmósfera en donde se forma: entonces las capas circunvecinas se precipitan en este

vacío, y chocándose con violencia ocasionan un ruido. Todos los dias vemos un efecto análogo al abrir rápidamente un estuche cuya tapa cierra exactamente.

Las capas laterales de la atmósfera que han suministrado el aire para reemplazar el vacío se dilatan necesariamente, roban el calórico al vapor que está en contacto con ellas, y le obligan á pasar á estado de agua; por este medio se forma otro nuevo vacío que reemplazándose como el primero dá origen á un segundo golpe. El mismo efecto se reproduce sucesivamente de uno en otro en pocos instantes. Tal es la causa que dá origen al ruido retumbante que notamos.

Granizo.

ARTICULO VEINTE Y TRES. La electricidad segun Volta concurre á la formacion del granizo.

Los glóbulos de agua de las nubes se solidifican por hallarse en partes muy frescas de la atmósfera, y si se hallan entre dos nubes electrizadas diferentemente van de una á otra, entonces se redondean, y se cubren sucesivamente de diferentes capas que se aumentan aun mas en su tránsito desde la nube hasta nosotros; mas de este y demas meteoros me ocuparé con la estension, que lo exige materia tan importante en la siguiente leccion.

Efectos de la electricidad sobre la economia animal y vegetal.

, ARTICULO VEINTE Y CUATRO. La electricidad favorece en las plantas la circulacion de la savia. Electrizando dos mirtos produjeron ramas y yemas antes que otros dos que no fueron electrizados.

Si se electrizan durante quince dias cebollas de jacin-
tos y junquillos, la vegetacion será mucho mas rápida que la de las plantas de las mismas especies sin electrizar.

Tambien favorece la electricidad la traspiracion en los animales, y reanima el movimiento de las fibras entorpecidas. Algunos fisicos explican por la electricidad el efecto

de las fricciones sobre los cuerpos animales, y el efecto que produce el aire seco y frio de los parages elevados sobre algunas personas. La electricidad superabundante que hay en el aire seco, dicen favorece la circulacion de la sangre y dilata los humores, &c., &c.

Aplicaciones de la electricidad á la medicina.

ARTICULO VEINTE Y CINCO. Se ha ponderado mucho la electricidad como medio curativo de un sin número de afecciones morbosas; pero en general ha sido casi abandonado enteramente; sin embargo de que parece debe ser útil en muchas ocasiones.

Se aplica la electricidad de varios modos.

Por baño. Se hace sentar al enfermo en un sitial aislado, y se le hace comunicar con el conductor de una máquina puesta en accion.

Por corriente. Una persona electrizada pasea una varilla puntiaguda sobre la parte dolorida del enfermo, quien recibe entonces una corriente continua de fluido eléctrico en forma de un penacho.

Por chispas. El enfermo aislado comunica con el conductor de la máquina. Se presenta entonces un escitador á la parte dolorida, y se sacan de ella chispas mas ó menos vivas.

Por conmocion. Se emplea para esto una botella de Leyden mas ó menos fuerte, haciendo sufrir al enfermo su descarga repentina.

Movimientos convulsivos producidos en los cadáveres por la electricidad. La casualidad de tocar con el escalpo el músculo de una rana al tiempo de disecarla, ocasionó cierta conmocion repentina análoga á la que produce la electricidad: fenómeno que repetido por los experimentos del célebre Galvani, dieron lugar á la denominacion de galvanismo á la electricidad producida por contacto.

Si por medio de un conductor compuesto de dos metales soldados entre sí se establece en un cuerpo animal una comunicacion entre dos puntos tomados en el sistema

nervioso, ó en el sistema muscular, se produce un movimiento convulsivo, en virtud del cual los miembros se agitan: en los cadáveres recientes se producen estos efectos mas sensiblemente.

Los fisicos han hecho una multitud de experimentos con las ranas, con animales de mayor consideracion, y aun con hombres, cuyos cadáveres eran recientes.

Fenómenos electro-magnéticos ó corrientes eléctricas.

ARTICULO VEINTE Y SEIS. En atencion á que la pila Voltaica es un manantial constante de electricidad, y que por esta razón tiene una grande influencia sobre los cuerpos, vamos á examinar lo que sucede cuando se reunen sus dos polos por medio de un hilo conductor.

En este caso, efectivamente, no debe haber en ella destruccion alguna de electricidad sino produccion de una corriente, pues que el manantial del fluido es permanente; este fluido debe, pues, circular continuamente de un polo al otro: y en cuanto á sus efectos esta corriente se puede considerar como dos; la una que pasa del polo positivo al negativo; y la otra, en sentido contrario, del polo negativo al positivo.

Las esperiencias y resultados de las corrientes eléctricas, han conducido á los fisicos, demostrando la identidad del magnetismo y de la electricidad; pues que M. Ampere reconoció, que las corrientes eléctricas se conducian ó portaban exactamente de la misma manera que los imanes, es decir, que se atraen ó se rechazan recíprocamente segun que se verifican en el mismo sentido ó en sentido opuesto; quieró decir que producen polos diferentes, en fin, que se pueden tocar sin hacer que pierdan ningunas de sus propiedades, lo que distingue el conductor de las corrientes de los conductores eléctricos comunes; mientras que M. Arago demostró que el hilo conductor de las corrientes atrae la limadura de hierro, de acero, de níquel y de cobalto, todos cuerpos en que se ha reconocido la virtud magnética, mas no atrae los demas cuerpos ligeros absolutamente como lo haria un Iman.

En fin consiguió imantar las barras de acero sometién-dolas á las corrientes de un conductor redondeado en espiral y aun por medio de descargas sucesivas de la máquina eléctrica ó de una botella de Leyden; de modo que puede decirse que, por las esperiencias de estos sábios la identidad del magnetismo y de la electricidad es uno de los puntos de fisica mas bien demostrados.

Réstanos aun el esponer el como puede concebirse la producion de los fenómenos de esta especie.

Resulta de lo manifestado que el Iman, todos los cuerpos magnéticos y el globo mismo deben ser considerados como cuerpos en que reinan las corrientes eléctricas.

Se comprenderá fácilmente los fenómenos, suponiendo que en todos los cuerpos eléctricos y magnéticos, en virtud de la descomposicion del fluido se establecen corrientes alrededor de cada una de las moléculas constituyentes, mas estas corrientes se verifican unas veces regular y otras irregularmente.

En los cuerpos en que se verifican irregularmente y estos son los cuerpos electrizados ordinarios, podrá haber en ellos fenómenos de acumulacion y de descarga del fluido; en aquellos en que las corrientes se establecen de una manera uniforme, y estos son los cuerpos magnéticos, se manifestarán los fenómenos que acabamos de esponer.

La accion de estos cuerpos es la resultante de la combinacion de todas las acciones parciales de las partículas.

Considerando todos los fenómenos que presentan los imanes como fenómenos puramente eléctricos, el polo boreal y el polo austral no se distinguen uno de otro sino por su diferente situacion relativamente á las corrientes que rodean al eje del iman. Esta situacion es la misma que la de los polos de la tierra, de la misma especie, con relacion á las corrientes del globo.

Las corrientes eléctricas producen sobre diferentes cuerpos un gran número de efectos particulares. Asi para no citar sino algunos ejemplos de los mas notables, diremos que M. Davy ha reconocido no solamente que los líquidos atravesados por las corrientes toman diferentes movimientos de rotacion, sino tambien que por cima cada hilo

conductor forman un cono proeminente ó saliente, del cual nacen las olas, mientras que si se acerca un iman, los conos se cambian en forma de embudos, y el líquido toma un movimiento rápido de rotacion.

No se debe dudar que las corrientes eléctricas y la electricidad ordinaria, como tambien que la luz y calor, deben representar un papel muy importante en los fenómenos orgánicos.

Fenómenos del Iman.

ARTICULO VEINTE Y SIETE. *Nociones preliminares.* Se llama generalmente Iman una especie de mineral ferruginoso que posee naturalmente la propiedad de atraer al hierro, acero, nichel y cobalto, precisamente del mismo modo que los conductores en que se mueven corrientes eléctricas.

Las limaduras de estos metales se pegan fuertemente á él, volviendo las de hierro inmediatamente á su estado natural cuando se despegan, lo cual no sucede con las de acero, que conservan despues de despegadas de la piedra la misma propiedad que esta; es decir, que cada partícula que ha tocado al iman atrae despues hácia si las partículas de hierro, acero, nichel y cobalto, que se la presenten; pegándose tambien por la misma razon á un pedazo de hierro que se le acerque.

Esta facultad de la piedra iman de comunicar al acero sus propiedades sin perder nada de su energía, se ha empleado para la formacion de lo que se llama imanes artificiales, que consisten en barritas de acero, ya solas, ó ya reunidas por medio de una armazon, ó en agujas suspendidas en ejes, que como se sabe sirven para la construccion de las brújulas.

Cada barrita imantada puede servir por sí misma para la formacion de otras tantas cuantas se quieran análogas á ella, y para la de todos los instrumentos necesarios para el estudio de la fisica y de la navegacion.

Este ha sido por muchos siglos el método general, mediante el cual se obtenian las barritas y agujas imanadas; pero los descubrimientos de Ampere y Arago nos suminis-

tran en el dia un medio de obtener estos mismos instrumentos, sin que sea necesario tener anticipadamente ningun iman natural ni artificial, con la certidumbre de lograrlos bien hechos.

Hemos visto que las limaduras de acero puestas en contacto con un conductor en que se mueven corrientes eléctricas, adquieren las propiedades magnéticas de lo cual debe concluirse inmediatamente que, por medio del contacto de este mismo conductor, se pueden lograr la imanacion de una aguja ó barrita.

Si en los aparatos donde se establecen corrientes eléctricas, se coloca una barrita, esta adquirirá las propiedades del conductor, y lo que es mas las conservará casi indefinidamente; de suerte que quedará como impregnada de la corriente que circula en la espiral donde se la ha colocado.

La accion de una barrita imanada, ó de un iman se manifiesta á distancia, y al través de todos los cuerpos precisamente como la de los conductores en donde se mueven corrientes eléctricas.

Direccion hácia los polos. Meridiano y Ecuador magnéticos. Cuando se suspende libre y horizontalmente una barrita imanada sobre un eje por medio de una pequeña cavidad cónica, debajo de su centro de gravedad, se la vé al momento moverse y oscilar durante algun tiempo á izquierda y á derécha de cierta direccion, en la cual concluye por fijarse, quedando los extremos vueltos hácia los polos sobre poco mas ó menos.

Llámesese declinacion del iman; aquella propiedad que tiene el iman de no dirigirse siempre exactamente al Norte y al Sur, y de desviarse algun tanto de estos dos puntos del horizonte, ya inclinándose hácia el lado del Este, ya hácia el del Oeste.

Esta declinacion no es constante, pues varia continuamente segun los tiempos y lugares, y su variacion no sigue ley alguna conocida; pero hay algunos lugares en que la aguja magnetizada se dirige hácia el Norte y el Meridiodia.

El círculo máximo de la esfera que pasa por la di-

reccion de la aguja en un lugar cualquiera , toma el nombre de Meridiano magnético del mismo lugar.

Se llama Ecuador magnético el círculo máximo de la esfera cuyo plano es perpendicular al plano del Meridiano magnético ; está inclinado hácia el Ecuador terrestre de 10° á 12° sobre poco mas ó menos.

Inclinacion de la aguja magnética. Cuando una aguja imanada está suspendida del modo conveniente , el extremo que mira al polo está siempre mas bajo que el que mira al ecuador. Unicamente en ciertos puntos del globo que se hallan en el ecuador magnético , es en donde la aguja permanece horizontal de una y otra parte de estos puntos , se inclina tanto mas , cuanto mas se acerca á los polos.

Atracciones y repulsiones magnéticas. Se pueden comprobar por medio de dos agujas imanadas , una movil sobre su eje , y otra fija en la mano , que los extremos del mismo nombre se repelen , y los de nombre diferente se atraen , como sucede exactamente en los aparatos móviles y fijos que nos han servido para indagar los mismos fenómenos en las corrientes eléctricas circulares.

Acciones recíprocas de las agujas imanadas y de las corrientes eléctricas. Todos los experimentos referidos presentan , en los efectos , la mas perfecta analogia con los observados en las corrientes eléctricas. Pero la identidad se manifiesta de un modo mas evidente , cuando se demuestra que en todos los experimentos sobre corrientes eléctricas se puede sustituir una aguja magnética á cualquiera de los conductores.

Aguja magnética estática. Se compone de una aguja fija perpendicularmente en un eje , el cual puede colocarse en la direccion que se quiera por medio de los tornillos.

Dispuesta de este modo la aguja no puede moverse sino en un plano perpendicular al eje , cuyo centro de gravedad se tiene determinado con exactitud ; de suerte que antes de imanarla se esté seguro que la gravedad no obra sobre ella , cualquiera que sea su mudanza de posicion : entonces se imana esta aguja , y se inclina el plano en que se mueve hasta que sea perpendicular á la direccion de la aguja de inclinacion.

En este estado puede ya decirse que es perfectamente estática, esto es, que permanece en todas las direcciones en que puede colocarse, haciéndola jirar sobre su eje.

Tambien puede hacerse estática á una aguja por otro medio, el cual consiste únicamente en colocar una barra imanada, de grueso considerable, á cierta distancia debajo de la aguja, de modo que sus polos estén en sentido diverso de los de la tierra.

Ley de las atracciones magnéticas. Hace tiempo que se conocen estas leyes en virtud de los experimentos de Coulomb, que demostró que seguian la razon inversa del cuadrado de las distancias.

Imanacion de las barras de acero. Hemos descrito el método mas seguro para imanar completamente las barras de acero, para lo cual ni aun se necesita de la pila voltaica.

En efecto, basta para lograrlo hacer pasar por el conductor espiral muchas descargas sucesivas de una batería eléctrica, ó de una botella de Leyden bastante cargada.

Apesar de todo esto no podemos dispensarnos de indicar los métodos antiguos mas usuales para imanar una barra ó aguja.

Uno de ellos consistía en frotar la barrita de acero con uno de los polos de una barra ya imanada, haciéndola resbalar de un extremo á otro, y repitiendo la operacion el número suficiente de veces para conseguir el efecto.

El segundo método, que es mas seguro consiste en frotar la misma barra de acero con dos barras ya imanadas, cuyos polos diferentes se colocan en el centro de la barra. Se frota estas dos barras hácia los extremos de la que se quiere imanar, y despues sin dejarlas tocar de nuevo á esta, se las vuelve á colocar en el centro para repetir la operacion del mismo modo varias veces.

Puntos consecuentes. Sucede algunas veces en una ú otra de estas operaciones que en la barra que se imana, se forman uno ó muchos puntos donde se reunen los dos polos opuestos. A estos puntos se les ha dado el nombre de puntos consecuentes.

Entonces la barra presenta algunas irregularidades, de las cuales la mas notable se verifica cuando dichos puntos están en medio de la longitud de la barra: los dos extremos son entonces de la misma naturaleza, y aunque queda imanada la barra no se dirige hácia los polos.

Se concibe facilmente en la nueva teoria, que esta circunstancia se verifica cuando las corrientes circulares, despues de haber marchado en un sentido por la longitud de una barra, se dirijen en seguida en sentido inverso.

Terminaremos advirtiendo deben precaverse de la falsa influencia de ciertas simpatias existentes entre algunos seres animados; la esplicacion que se dá de ellas es tan absurda como oscura.

Se designa con el nombre de magnetismo animal una serie de fenómenos que no tienen mas fundamento que el charlatanismo y la credulidad. No merecen la atencion del fisico, pues no pueden sostener el exámen de la razon.

Si la electricidad parece representa un papel muy importante en la organizacion de los seres y en los fenómenos de la vida, no son seguramente los medios que solo se dirijen á la imaginacion, los que nos descubrirán sus leyes y su modo de obrar, sino mas bien un estudio profundo de las funciones de toda especie ejercidas por estos seres, como tambien el de las leyes generales de la electricidad.

Tal debe ser la marcha del sabio, del naturalista, y del fisico. Cuando los filósofos observadores y los verdaderos sabios se ocupan de sus indagaciones interesantes, será cuando podremos esperar el verlas libres de las tinieblas que las rodean.

Magnetismo del globo terrestre.

ARTICULO VEINTE Y OCHO. *Comunicacion de la virtud magnética por la accion del globo.* La accion del globo se manifiesta del modo mas evidente en todos los esperimentos ya indicados, sea sobre los aparatos donde se mueven corrientes eléctricas, ó ya sea sobre las barras imanadas que representan las mismas corrientes.

Se manifiesta tambien de otro modo, comunicando la

propiedad del imán á todos los objetos de quē nos servimos. Todos los instrumentos de hierro que usamos diariamente la adquieren tambien, como sucede con nuestras tijeras, badiles, tenazas &c.

Para convencerse de ello basta presentar uno de estos utensilios; unas tenazas á una aguja imanada, y se verá que la atraen por uno de sus extremos, y la rechazan por el otro. Los trabajadores que elaboran metales saben muy bien que sus limas, tenazas, tijeras, &c., adquieren con el uso la virtud magnética.

Es, pues, claro, que el globo hace aqui el papel del hilo espiral empleado en los experimentos anteriores, solo que su accion es menos intensa.

Variaciones de la aguja en los diferentes puntos del globo. Llámase aguja ó brújula, una caja en la cual está colocada libremente una aguja imanada sobre un eje ó estilete de metal no magnético, situado en medio de una plancha redonda de hierro batido ó de carton sobre la cual están trazados los 32 vientos y cuya circunferencia se halla dividida en 360 grados. Estando esta caja suspendida sobre cuatro puntas ó ejes que la dejan moverse hácia cualquier parte, queda siempre horizontal la aguja, apesar de los diferentes movimientos de las naves, en la que principalmente se hace uso de la brújula.

Hemos dicho que la direccion é inclinacion de la aguja magnética variaba en los diferentes puntos del globo, lo cual resulta de las observaciones hechas por los viajeros y navegantes.

En el día se conocen sobre el globo cuatro líneas curvas, en que la declinacion es nula, es decir, que en ellas se dirige la aguja exactamente hácia los polos. Una de estas líneas está en el Occéano atlántico, entre el antiguo y el nuevo continente; la segunda, casi opuesta á la anterior toma su origen en el Occéano austral al Sur de la Nueva-Holanda, y se continúa al Norte hasta la Laponia. Otra tercera, que es una bifurcacion de la precedente, se separa de ella cerca del grande Archipiélago de Asia, elevándose hasta la parte Oriental de la Siberia. Ultimamente se hallan trazas de la cuarta en el Occéano pacífico, cerca de

las islas de los Amigos y de la Sociedad. En todos los demás puntos observados la declinacion es sensible y variable de uno á otro, siendo en unas partes oriental, y en otras occidental.

La inclinacion de la aguja varia muy sensiblemente á medida que se muda de latitud. En las regiones ecuatoriales han hallado los navegantes muchos puntos en que la aguja permanece horizontal. La série de estos puntos forma el Ecuador magnético.

Variaciones en los mismo lugares. La declinacion y la inclinacion varian tambien poco á poco en cada punto. Tambien varia la inclinacion en el mismo lugar, pero en límites muy pequeños.

Variaciones diurnas. Variaciones estraordinarias. Siguiendo con atencion la marcha de la aguja, se ha reconocido que todos los dias está sujeta á variaciones periódicas, tales que marcha hácia el Occidente desde la salida del sol hasta una hora despues de medio dia, retrogradando despues hácia el Este.

Esta variacion no es la misma en todo los meses del año, ni en todos los puntos de la tierra. Muchas circunstancias atmosféricas, tales como las auroras boreales, las tempestades, &c., influyen bastante en las variaciones de la aguja. La caida de un rayo cerca de una aguja, muda algunas veces repentinamente sus polos, de lo que resultan graves contratiempos en los viages marítimos.

Intensidad de la accion magnética del globo. Hemos visto que se podia valuar la intensidad de la pesantéz en diversas latitudes por el número de oscilaciones del péndulo. Del mismo modo se puede valuar la intensidad magnética separando á una aguja de su línea de reposo en un punto dado, y abandonándola en seguida así misma. La intensidad magnética será proporcional al cuadrado del número de oscilaciones hechas en un tiempo dado.

CAPÍTULO XVII.

LECCION LVII.

DE LA METEOROLOGIA EN GENERAL Y EN PARTICULAR: DE LOS INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS: METEOROS AEREOS: ACUOSOS: LUMINOSOS É IGNEOS.

Meteorologia en general.

ARTICULO PRIMERO. *Nociones generales.* Meteorologia, palabra griega compuesta de otras dos del mismo idioma, que quiere decir la primera alto ó elevado, y la segunda discurso, esto es, discurso sobre lo alto ó elevado; y así diremos que la meteorologia es la ciencia de los meteoros ó de lo que sucede en lo alto y elevado.

Esta ciencia se emplea en el conocimiento de los meteoros, y en averiguar la influencia que estos pueden tener en la medicina, agricultura y demas ciencias ó artes que se conocen.

Dividise la meteorologia en dos partes: la primera comprende el conocimiento de todo lo perteneciente á los meteoros; y la segunda abraza lo que concierne al modo con que estos influyen en las ciencias ó artes. La primera parte, que es la que constituye verdaderamente la ciencia meteorológica seria inútil, sino fuese acompañada de la segunda, que enseña los medios de aprovecharnos de los conocimientos que nos dá la primera como en abstracto.

El objeto de la Meteorologia es averiguar las diversas alteraciones que padece la atmósfera por los distintos grados de calor, frio, sequedad, humedad &c. y en conocer como varia su peso, volumen &c. para de estos deducir como ejerce su acción en todos los cuerpos que se hallan sumerjidos en ella.

Los Metéoros se dividen en Aéreos, como los vientos que siendo de muchas especies, se producen por diversas causas.

Acuosos, que son todos los que ocasionan los vapores, es decir, por las sustancias que participan de la naturaleza del agua, y que se elevan en la atmósfera.

Luminosos, que resultan de las exalaciones y vapores, combinados con la luz.

En fin los Igneos ó Inflamados, que verosimilmente se producen por las exalaciones, que se inflaman y arden en la atmósfera.

Llamamos Meteoros, todos los fenómenos que se suceden en la atmósfera.

Tambien usamos del epíteto meteorológico, el que se dá á todo lo que tiene relacion con los metéoros, y en general á todas las mutaciones, y alteraciones que suceden en la atmósfera; así se dice observaciones meteorológicas; llamandose así todas las que se hacen sobre las diferentes especies de meteoros, como la lluvia, nieve, calor &c. &c.

Lllamanse instrumentos meteorológicos; los que sirven para dar á conocer el estado ó la disposicion de la atmósfera con respecto al calor ó al frio, al peso, á la humedad &c. &c.

Meteorologia en particular ó primera parte.

ARTICULO SEGUNDO. *Instrumentos meteorológicos.* Los Instrumentos meteorológicos conocidos en el dia son once, á saber 1.º el Barómetro, que mide la presion atmosférica: 2.º el Termómetro, que indica los grados de calor: 3.º el Higrómetro, que marca la sequedad relativa: 4.º el Atmómetro, que sirve para medir la cantidad de vapor que deja desprender la superficie de la tierra en un tiempo determinado: 5.º el Fotómetro, que indica la intensidad de la luz transmitida desde el Sol á la tierra, ó reflectada por el cielo: 6.º el Etrióscopo, que descubre el frio que proviene de las regiones elevadas de la atmósfera; 7.º el Cianómetro, que designa la graduacion de los matices azules en el azul celeste: 8.º el Anemómetro, que mide la fuerza del viento; 9º el Hombrómetro ó Hidrómetro, que nos dá á conocer la cantidad que cae de lluvia, de granizo y de nieve en un dia: 10º el Electrómetro, que indica el estado eléctrico del aire: 11.º

en fin, el Drosómetro, con el que se mide el rocío.

Mas al tratar del aire y de la presion atmosférica hemos dado la descripcion del Barómetro y de sus usos. Tambien de los Termómetros, y de sus diferencias, como del Higrómetro, y del Electrometro en sus respectivos lugares del calórico, agua, y electricidad, limitandonos solo ahora á la breve descripcion de los demas que hemos anunciado.

Atmómetro.

Se usa frecuentemente este instrumento, y pudiera, con poca diferencia reemplazar al higrómetro. No indica la sequedad del aire; mas segun manifiesta su nombre, mide la cantidad de vapor que se desprende de una superficie humeda durante un espacio de tiempo determinado.

El Atmómetro es de grande utilidad en la practica. Determinar facilmente y con prontitud la cantidad de evaporacion producida sobre una superficie y en un tiempo determinado, es un conocimiento importante, no solo en la meteorologia, sino en la agricultura y en las artes.

Fotómetro.

Este instrumento se ha inventado para valuar la fuerza ó poder iluminante por la observacion de la pequeña elevacion de temperatura producida por la luz.

El Fotómetro demuestra distintamente los progresos de la luz, desde la aurora hasta el medio dia; y su decremento gradual, desde el punto de mayor calor hasta que la oscuridad rodea al hemisferio, nos manifiesta la disminucion de la claridad.

Nos muestra igualmente que la intensidad de la luz aumenta desde el solsticio de invierno hasta los calores mas intensos del verano, y que decrece desde este último punto, hasta que las densas sombras del otoño nos hayan vuelto al invierno. Podemos tambien comparar con una exactitud númerica el brillo ó resplandor de la luz en las diferentes regiones. Sirve en una infinidad de investigaciones fisicas, por ejemplo, para saber la disminucion que padecen los

rayos de la luz cuando son reflejados, ó cuando atraviesan diferentes sustancias transparentes. Tambien se emplea para valuar la intensidad relativa de las diferentes luces artificiales comparadas entre si; y aun con la del Sol, que resulta ser doce mil veces mas enérgica que la llama de una vela.

Etrióscopo.

Este instrumento es el mas curioso de cuantos pueden contribuir á ensanchar el campo de nuestros conocimientos meteorológicos.

Su nombre se deriva de una palabra griega que significa serenidad, frescura.

Esputo al aire libre indica las impresiones variables de frescura que las regiones elevadas de la atmósfera envían en todos los tiempos hácia la superficie del globo.

La sensibilidad de este instrumento es asombrosa, pues el líquido baja y sube en el tubo cada vez que pasa por delante de él una nube en tiempo claro y sereno.

Cianómetro.

Sirve este aparato para designar la gradación de los matices azules en azul celeste.

Anemómetro.

Instrumento que sirve para medir la fuerza del aire, sea durante los vientos comunes, sea durante los huracanes.

Los hay de varias formas: el de Wolf que consiste en un pequeño molino de viento que se orienta por si mismo por medio de un movimiento facil al rededor de un eje vertical y de un remo que hace oficio de veleta para dirijir las alas contra el viento &c.

El de Bouguer que consiste en un disco de hierro colado ó batido que se presenta perpendicularmente ó la acción del viento: este disco está sostenido por una romana que mide la carga sostenida ó soportada y por consiguiente la fuerza del viento.

Hombrómetro ó Hidrómetro.

Se compone de un cilindro de cobre y de un embudo muy ancho; cuya punta entra en el cilindro. De la parte inferior del cilindro sale un tubo de vidrio que sube verticalmente y en el cual el líquido se nivela con el del interior del cilindro. Este tubo tiene su graduacion conocida de pulgadas y lineas, y solo resta el conocer la relacion de las superficies.

Drosómetro.

Instrumento destinado á medir el rocío, que cae durante la noche en una superficie; y por ella se deduce la cantidad en un espacio determinado.

Despues de haber manifestado todos los instrumentos conocidos bajo el nombre de meteorológicos, debemos tratar de los meteoros en particular.

Meteorologia segunda parte.

ARTÍCULO TERCERO. *Meteoros Aéreos.* Se dá el nombre de atmósfera á esta capa gaseosa, invisible que rodea al globo que habitamos, y en la cual se elevan los vapores que forman las nubes que se ven agitadas por los vientos, que no son mas que los movimientos del fluido que nos rodea y que respiramos.

Vientos.

Los vientos ó por mejor decir las corrientes de aire, se producen por las alteraciones que introducen en la pesantez específica y en la elasticidad ó resorte del fluido aéreo algunas causas que desalojan una porcion, obrando desigualmente sobre algunos puntos de la atmósfera.

Los vientos se dividen en vientos generales, periódicos é irregulares.

Los generales ó alisios corren entre los trópicos y raras veces mas allá; su accion es continua y sigue una direccion constante. Los periódicos ó monzones son los que por es-

pacio de algunos meses, soplan en una direccion determinada, y que en seguida son reemplazados durante el tiempo mismo por una corriente contraria. Los irregulares no observan ni epoca ni duracion determinada, y soplan hácia todos lados.

Los fisicos no están de acuerdo sobre la causa de los vientos, pero se puede dar razon de su formacion, sea admitiendo una dilatacion en el punto de la atmósfera en donde nace la corriente ó tambien suponiendo una condensacion en el punto á que se dirige: esta última hipótesis parece más probable que la primera y adquiere una nueva fuerza por la observacion que se ha hecho sobre el viento del norte, que demuestra que su accion se percibe primeramente en los lugares mas meridionales.

La velocidad de los vientos varia de un modo considerable; los fisicos han formado varias tablas que espresan sus velocidades respectivas, pero omitiendo estas, pues no deben tener lugar, nos limitaremos á anunciar algunas proposiciones sobre este objeto interesante y curioso.

Los vientos generales ó alisios se estienden hasta los 28, 32 y á veces hasta los 40 grados al norte y al sur del ecuador. Sobre el grande Oceano reinan continuamente los vientos generales. En las regiones elevadas de la atmósfera debe reinar un viento de oeste contrario á los vientos alisios. Existen corrientes de aire colocadas unas sobre otras. Un movimiento oscilatorio muy regular de la atmósfera, cuya generalidad se ha observado últimamente, es el que produce las variaciones horarias del barómetro. Los vientos mas comunes son los de tierra y de mar. En la mar reina por la noche un viento directamente opuesto al viento que en tierra reina por el dia. En el Oceano de la India los monzones parecen destruir la uniformidad del viento general de la atmósfera.

Los vientos nos acarrean infinitas utilidades, nos ahorran mucha fuerza y tiempo en la navegacion, en la maquinaria &c.

Aunque hay muchas especies de vientos, los cuatro principales y que toman el nombre de las cuatro partes del mundo, de donde parece nos vienen, son el del norte, el

mas frio, pues procede de la zona glacial; el del Sur ó Mediodia, el mas cálido, pues dimana de la Zona torrida; el de Oriente ó del Este, el mas seco, pues viene del Asia, pais de pocas aguas; y el del Occidente ó del Oeste, el mas húmedo, porque viene del Occéano atlántico.

Torbellinos.

Los torbellinos ó sifones son fenómenos capaces de causar los estragos mas horrorosos, y que se verifican siempre en un pequeño espacio de la atmósfera.

No hay parte alguna del globo al abrigo de su influencia, y los paises cálidos presentan con mas frecuencia este meteoro que no los climas frios y templados.

Mangas ó torbellinos terrestres.

Estos se presentan bajo la forma de una columna inmensa de aire, dando vueltas en remolino con una velocidad extraordinaria; y cuando son muy fuertes agotan los lagos y los estanques, rompen y arrancan los árboles, arruinan las casas, en fin, llevan tras sí todo cuanto encuentran al paso, siendo tan prodigiosa la rapidéz de su movimiento, que no es fácil libertarse de él.

Muchos fisicos atribuyen este fenómeno á la electricidad atmosférica, mas otros recurren para esplicarlo á la accion de los vientos impetuosos que encontrando al paso nubes densas que les presentan un obstáculo insuperable, los comprimen y los hacen bajar impetuosamente hácia la tierra dando vueltas en forma de remolino.

Mangas ó bombas marinas.

Empiezan por una nubecilla que los marineros llaman grano. Se engruesan en poco tiempo considerablemente se alarga de alto á bajo ó al contrario, formando un cilindro ó cono invertido ó trastornado, produce un ruido asombroso, lanza relámpagos, agua ó granizo &c.

Se dividen en descendentes y ascendentes.

Cuando una nube fuertemente electrizada se presenta á una distancia conveniente de la tierra se forman luego las dos corrientes de materia eléctrica. Si la corriente de la afluente es mas fuerte, las partículas de vapor que componen la nube se presenta delante de un cuerpo que pueda moverse como en el mar ó en un lago, entonces la afluente sube consigo gran cantidad de partículas acuosas y forma la manga ascendente.

La figura del cono invertido ó trastornado la esplican del modo siguiente: los rayos de materia efluente de un cuerpo electrizado son divergentes entre sí, pero se hacen convergentes si se presenta un cuerpo aneléctrico, luego cuando la nube se acerca á los cuerpos terrestres, en materia efluente de divergente que salia con sus vapores se hará convergente al aproximarse á los objetos aneléctricos.

Otros recurren á la accion de los vientos para esplicar el fenómeno, del mismo modo que hemos dicho anteriormente al hablar de las mangas ó torbellinos terrestres; lo que he determinado á colocarlo entre los meteoros aéros.

Meteoros acuosos.

ARTÍCULO CUARTO. Los meteoros son nueve, y son todos aquellos que produce el agua que se halla en la atmósfera, ya en vapores y ya en disolucion: tales son el sereno ó relente, el rocío, el rocío congelado, la niebla, la escarcha, las nubes, la lluvia, la nieve y el granizo. Todos los cuales se componen de una misma materia (el agua) diferentemente modificada, y proceden de unas mismas causas.

Sereno ó relente.

El sereno, es una especie de humedad que sentimos muchas veces sobre los vestidos cuando paseamos por la noche.

La causa de este fenómeno es el Sol, que calienta el aire y la tierra durante el dia; mas despues de puesto, el aire se enfria mas prontamente que la tierra: entonces el

calor sale de esta para derramarse igualmente en el aire, y arrastra tras si particulas acuosas que encontrando nuestros vestidos producen en ellos la humedad que advertimos y llamamos sereno ó relente. Este es bueno ó malo segun las partículas vegetales ó animales que contenga, lo que proviene de los lugares en que se forman.

Rocio.

Llamamos rocío á las gotitas de agua que se encuentran sobre las yerbas y las plantas por la mañana al salir el sol.

Hay dos especies de rocío, uno que viene del aire y otro que sale de las plantas.

La formacion del rocío es devido á las partículas acuosas del sereno que se elevan durante la noche: mas al salir el sol, el aire dilatado por el calor no puede sostenerlas y las deja caer en gotitas que es el rocío caído. El otro rocío es formado por una transpiracion de las plantas mismas, sobre las cuales se amontona algunas veces en bastante cantidad: para convencerse de esta verdad se puede por la tarde ó por la noche cubrir con una campana una planta cualquiera por ejemplo una col &c.: al dia siguiente por la mañana se encontrará la col debajo de la campana cubierta de gotitas como las que no hayan estado cubiertas; y la campana habrá recibido tambien por fuera el rocío que cae.

Rocio congelado.

Se forma el rocío congelado cuando las noches son largas y frias, el aire y la tierra tienen tiempo de enfriarse bastante para dar lugar á helarse al rocío: los pequeños pedacitos de hielo que se forman son muy menudos y están muy cerca los unos de los otros, lo que les hace parecer blancos y forman el rocío congelado.

Nieblas.

Por cierta disposicion de la atmósfera y por un con-

curso de circunstancias bastantes difíciles de determinar, se eleva una gran cantidad de partículas acuosas que no están mas que imperfectamente disueltas en el aire, ó que han tomado la forma de vapores groseros que se extienden uniformemente en la parte baja de la atmósfera: entonces estas partículas turban la transparenencia del aire y forman lo que se llama niebla. Los lugares bajos y humedos, tales como los parages pantanosos, lagunas, rios &c. pudiendo suministrar una mayor cantidad de estas partículas acuosas, están por consiguiente mas sujetos á las nieblas que los lugares secos y elevados.

Escarcha.

ARTICULO QUINTO. Escarcha es la gran cantidad de pequeños pedazos de hielo que se ven en el invierno en las ramas y hojas de los arboles, en los tejados, en los cabellos, y en los vestidos de los caminantes.

Se forma por las nieblas que en el invierno son mas frecuentes que en las estaciones calidas y que se sitúan y hielan sobre los cuerpos que se hallan opuestos á ella. Ó en otros términos: la escarcha se forma del mismo modo que el sereno y el rocío; pero hallando al elevarse las partículas de agua un frio mayor se congelan, y en vez de caer en gotitas de agua, como sucede al rocío, caen en pedacitos de hielo en estremos delicados que ofrecen esa capa blanca sobre la tierra que llamamos escarcha, y se asemeja por su cantidad varias veces á la nieve hasta que el calor del sol en el cuerpo del dia la derrite. Cuanto mayor es el frio, tanto mas partículas de agua se congelan y es mayor la escarcha.

Nubes.

ARTICULO SÉSTO. Las nubes se forman por las nieblas, es decir, por los vapores que se han levantado hasta la atmósfera desde la superficie de la tierra, los que se acercan y se condensan poco á poco por la impulsión de los vientos. Las nubes flotan á diferentes alturas en el aire con el que están en equili-

brio. Comò el aire es tanto mas ligerò quanto està mas lejos de la superficie de la tierra, no pueden sostenerse en él á una cierta altura sino las nubes ligeras. Las nubes gruesas que están próximas á desacerse en lluvia están ordinariamente muy bajas.

Lluvia.

ARTICULO SEPTIMO. Engrosándose las nubes que los vientos ó la dilatacion del aire fuerzan á reunirse en gota, y viniendo á ser entonces muy pesadas para poderse sostener en el aire, caen en lluvia mas ó menos gruesa; porque si la condensacion de las nubes se hace prontamente en una region poco elevada de la atmósfera donde el aire está mas en estado de sostenerlas, las gotas toman mas volumen, adquieren por consiguiente mas peso y velocidad y forman las grandes lluvias. Si al contrario esta condensacion de las nubes se hace lentamente, y que las partículas acuosas se reunen por una debil dilatacion del aire, entonces las gotas son muy pequeñas y en gran número, caen lentamente, y forman una lluvia estremamente fina que se llama llovizna ó lloviznear.

La lluvia produce buenos efectos con relacion á nuestra utilidad y bien estar: purifica la atmósfera, refresca el aire que respiramos, moderando el calor que tanto nos incomoda en algunas estaciones, en fin contribuye poderosamente á la fertilidad de la tierra. Una lluvia ecésiva ó estremadamente fria produce al contrario efectos harto desagradable.

Nieve.

ARTICULO OCTAVO. La formacion de la nieve parece ser producida quando la temperatura del aire, llegando á bajar hasta el grádo de congelacion, las gotas de agua que resultan medio congeladas se cambian en nieve y forman al caer, por su reunion, unas estrellas de seis rayos quando el aire está sossegado, y copos mas ó menos gruesos quando está agitado: los que, como reflectan la luz por todos lados, nos parecen de un hermoso color blanco.

Se ha observado tambien que los copos que caen en un mismo dia ó en una misma nevada tienen las mismas ramificaciones, cualquiera que sea su tamaño; y que los de una nevada no se parecen á los de otra; los que pueden considerarse en este caso como otras tantas cristalizaciones producidas por las diferentes partículas contenidas en la atmósfera.

Granizo.

ARTICULO NOVENO. El granizo se forma de las gotas de agua, que pasando por las regiones frias de la atmósfera se hielan al caer. Asi pues no debería ser nunca mas grueso que las gotas de lluvia; pero si el aire es bastante frio para helar las partículas de agua que encuentra al paso, ó si se reunen muchas de estas, adquieren la grosura y se forman los granos que algunas veces son tan gordos como una nuez ó un huevo y aun mucho mas, y los conocemos con el nombre de piedra.

A esto se debe, cause el granizo ó piedra tanto daño asolando nuestras mieses y viñas, lo que no sucede con la lluvia, cuyas gotas en vez de reunirse al caer, son al contrario divididas por la resistencia del aire.

Aplicaciones.

Señales de lluvia. Cuando se despega el hollin de las chimeneas y cae en copos: cuando la sal se pone humeda: cuando la tierra está seca y las piedras humedas: cuando las gallinas y palomas entran tarde en el gallinero ó palomar: cuando la luna está rodeada de un circulo (vulgarmente llamado cerco:) cuando el sol aparece picante: cuando las nubes se vuelven oscuras y negras y se amontonan: cuando una niebla baja sube muy poco á poco: cuando las maderas se hinchan y dan chasquidos, y las puertas se cierran con dificultad.

Señales de tempestad. Cuando á las abejas se las ve venir en bandadas y meterse con la mayor precipitacion en las colmenas: cuando estando el sol cubierto de algunas

nubes, al salir de ellas es picante que parece que quema: cuando las aves acuátiles se sumerjen profundamente en los pantanos y en medio de los cañaverales: cuando los olores se perciben mas fuertes que lo regular: el ruido sordo de los bosques ó el murmullo del mar: cuando las nubes corren con rapidéz.

Estas señales indican que el tiempo se vá disponiendo para la tempestad que podrá tardar dos, tres ó cuatro dias; pero las siguientes anuncian la proximidad de ella.

1^a Cuando las hormigas transportan sus ninfas, á que llamamos huevos.

2^a Cuando las ocas y anades gritan y zambullen con frecuencia y levantándose luego sobre el agua baten las alas.

3^a Cuando los ratones corren de una parte á otra chillando.

4^a Cuando los cerdos corren con ímpetu y gruñendo á meterse en sus pocilgas.

5^a Cuando se oyen los bramidos inquietos de los bueyes y vacas, y se les vé venir olfateando el aire; en este caso no tardan en resonar los truenos.

Otras infinitas señales podrian seguirse, sobre la serenidad, vientos, hielo, granizo, &c. &c., pero evitando la difusion, únicamente se ha hecho de las espresadas, satisfaciendo la curiosidad y poder pronosticar el tiempo que ha de hacer, y ademas porque tratándose de la meteorologia ó lo que es lo mismo de los fenómenos que diariamente nos ofrece la atmósfera se ha creido útil dar á conocer algunas reglas confirmadas por una larga esperiencia para preveerlos con anticipacion, de lo que muchas veces se siguen considerables ventajas, particularmente á la agricultura, como así mismo á las artes.

Meteoros luminosos.

ARTICULO DIEZ. Los meteoros luminosos son el arco Iris: el espejismo ó espejo ilusorio: las coronas: paraselenas: parhelios: aurora boreal; y la luz zodiacal.

Arco Iris.

De todos los fenómenos que pertenecen á los colores, el mas hermoso, sin duda, es el arco Iris, esto es aquella faja semicircular adornada de los siete colores primitivos y colocada en las nubes que se percibe cuando, teniendo la espalda vuelta al Sol, se mira una nube de la que está cayendo agua y que se halla iluminada por este astro, con tal que este se halle á una elevacion menor que la de 42 grados sobre el horizonte.

Este arco, se forma por las gotas de lluvia que rompiendo los rayos del Sol nos presentan los siete colores primitivos en el mismo orden que el prisma de vidrio.

Hay otra especie de arco; verificándose algunas veces cuando percibimos una porcion de círculo de luz colorida como el arco Iris, sobre una pradera ó campo donde se mira desde un sitio algo elevado un poco despues de haber salido el Sol, ó un poco antes de ponerse; á cuya porcion de círculo asi colorido se le puede llamar arco Iris terrestre.

Este fenómeno, así como el del arco Iris, es un efecto de la luz refractada y reflejada por las gotas de rocío ó de lluvia que están adheridas á la yerba, y puede esplicarse del mismo modo. Si se hace atencion á la altura del Sol sobre el horizonte, á la posicion en que se está cuando se percibe el fenómeno, á la fuerza refringente de las gotas de agua esparcida sobre la yerba, y á los diferentes grados de refrangibilidad de los rayos de que está compuesta la luz solar; se verá que el todo está sujeto á las mismas condiciones que á las de donde nacen las apariencias del arco Iris.

En este por lo regular se observan dos arcos Iris concéntricos, de los cuales el uno tiene los colores menos vivos que el otro, y en un orden inverso; en algunas ocasiones aunque muy raras, se suelen ver hasta tres arcos concéntricos; pero el tercero es muy débil.

Tambien se puede verificar el arco Iris, con la luz de la Luna, y se le suele llamar arco Iris lunar, pero casi

nunca se ven todos los colores, ni son tan vivos.

En el mar cuando está agitado, se suele ver un arco pintado de algunos colores del Iris; y entonces se llama arco Iris marino.

Espejismo ó espejo ilusorio.

Este fenómeno, que es uno de los mas asombrosos, consiste en que un viagero en medio de un terreno llano y ardiente, distante por todas partes del mar y lugares donde haya agua, vé los árboles, los pueblos y los demas objetos como rodeados de un mar ó una inmensa laguna, advirtiéndose su imagen trastornada como si se reflejase en las aguas; mas á medida que el viagero se acerca al sitio donde advierte estas aguas, desaparece la ilusion, que se vá alejando hasta disiparse totalmente.

La causa de este meteoro, se atribuye al Sol, que calentando escesivamente el suelo, en medio del dia, hace que la capa de aire que está en contacto con él, adquiera una temperatura muy elevada; dilatándose en seguida esta capa, se halla en una densidad mas débil que las capas que descansan sobre ella: los rayos luminosos que caen sobre esta capa dilatada bajo un ángulo comprendido entre un cierto límite se reflejan en su superficie como sobre un espejo y llevan al ojo del espectador la imagen trastornada de las partes bajas del Cielo, que entonces se vé en la prolongacion de los rayos que se han recibido, y por consiguiente sobre el horizonte real. En este caso, si nada nos advierte del error, juzgamos los límites del horizonte mas bajos y mas cercanos que lo que realmente están. Si algun objeto tal v. gr. como lugares, árboles, &c, advierten al observador que los límites del horizonte están mas distantes y que el Cielo no se baja á la profundidad que se le juzgaba, la imagen reflejada del Cielo parece como una superficie de agua reflejante. Estos lugares, y estos árboles envian rayos que son reflejados como lo hubieran sido los rayos venidos de la parte del Cielo interceptada por ellos. Estos rayos producen una imagen trastornada sobre los objetos reales que se ven por los rayos directos. Siendo cons-

tante el límite en que principian á reflejarse los rayos luminosos, y debiendo parecer que vienen del punto mas próximo al en que principia el fenómeno los rayos que hacen el mayor ángulo con el horizonte, este punto debe hallarse á una distancia constante del observador: si este se adelanta, la orilla de la supuesta inundación parecerá alejarse, como efectivamente se observa.

Coronas.

Se llaman así, unos círculos colorados ó rojizos que se perciben algunas veces alrededor del Sol y de la Luna.

Todos los físicos convienen en que su formación se debe atribuir, como la del arco Iris á la refracción de los rayos de luz en las partículas de vapor, gotas de agua y partecillas de hielo y de nieve de que está cargada la atmósfera; con la diferencia de que en el arco Iris hay reflexión y refracción de los rayos, y en las coronas no hay mas que refracción ó rompimiento de ellas.

La magnitud de estas coronas varia mucho, pues que depende del volumen mayor ó menor de los cuerpos heterogéneos que refractan la luz y de su proximidad á nuestra vista.

Lo que apoya esta teoría y la hace verosímil es el que se puede imitar este meteoro en un tiempo frio: mírese una luz al través del vapor que exhala una cantidad de agua caliente contenida en un vaso colocado entre la luz y el ojo, y se verá una corona colorida alrededor de la llama. El mismo efecto se tendrá si se mira una luz al través de un cristal bien pulimentado y empañado con gotitas de agua imperceptibles, como lo están en un tiempo frio los cristales de los coches.

Paraselenas.

La Luna como todos sabemos, sale algunas veces después del mediodía y por consiguiente en el tiempo en que aun son las circunstancias favorables al fenómeno espejismo. Si el resplandor del Sol y la claridad de la atmósfera

permiten entonces que se perciba la Luna en el acto de salir se verán dos imágenes de este astro. Y á este fenómeno le conocemos bajo el nombre de paraselena, cuyo nombre viene de dos palabras griegas que significan cercanía, ó proximidad y Luna, ó lo que es lo mismo como si se dijese Luna aproximada.

Parhelias.

Llámase así la aparición simultánea de muchos soles, que son imágenes fantásticas del Sol verdadero.

Estas imágenes se forman siempre sobre el horizonte á la misma altura á que se halla el Sol, y están siempre unidas las unas á las otras por un círculo blanco horizontal; las imágenes que aparecen sobre este círculo del mismo lado que el Sol verdadero, presentan los colores del arco Iris; y algunas veces se halla tambien coloreado el mismo círculo en la parte que está próxima al Sol.

Este fenómeno, semejante al de las paraselenas, se observa en el mar, y puede tambien producirse por una especie de miraje ó espejo ilusorio; pero es necesario estudiar las circunstancias que le acompañan: por lo demas es muy raro, y solo se deja ver por un instante en las repentinatas mudanzas de temperatura.

Aurora boreal.

Este fenómeno, cuyo causa no es aun desconocida, y consiste en una masa de luz, mas ó menos resplandeciente, que se percibe hácia los polos tres ó cuatro horas despues de ponerse el Sol. Esta luz es ordinariamente blanquecina en el horizonte; rogiza y mas brillante á 20 ó 30 grados sobre él: entonces es undulante, y parecen salir unas ráfagas de luz, ó llamas muy vivas, que se prolongan hácia lo alto del Cielo. Estas llamas muchas veces mudan de forma y de color, de suerte que este fenómeno presenta un espectáculo magnífico; y se ha observado que es tanto mas hermoso cuanto el frio es mas intenso.

Las auroras boreales deben observarse en los climas

Septentrionales, pues cuanto uno se acerca mas al Ecuador, son mas raras, y debajo de él son nulas. Algunas veces las acompañan unas ligeras detonaciones.

Algunos fisicos atribuyen las auroras boreales á la inflamacion de la materia eléctrica, y de aquí el colocar este meteoro en los igneos ó inflamados; otros á los gases nitrosos, y otros fisicos á la reflexion y refraccion de los rayos del Sol en las nieves eternas de los polos; pero todas estas no son mas que congeturas, pues como hemos dicho se ignora la causa de este brillante fenómeno.

Luz zodiacal.

Una débil claridad que ordinariamente tiene la forma de un cono, cuya base está vuelta hácia el Sol y el vértice hácia el zodiaco, es el meteoro conocido con el nombre de luz zodiacal.

Se verifica principalmente hácia el fin del invierno, ó al principio de la primavera, y jamas en el Otoño.

Meteoros igneos ó inflamados.

ARTICULO ONCE. La mayor parte de los fisicos, están de acuerdo en que todos estos meteoros se producen por las exhalaciones que se inflaman y arden en la atmósfera.

Estos meteoros son el relámpago, el rayo, el trueno, las exalaciones, el fuego de S. Telmo, los ambulones ó fuegos fátuos, los fuegos lambentes, los globos de fuegos y los aerolitos ó piedras caidas de la atmósfera.

Del relámpago, del rayo, y del trueno hemos hablado considerando estos fenómenos como resultado de acciones eléctricas naturales; cuyos fenómenos se desenrollan en la atmósfera en el tiempo de las tempestades y de cuyo mecanismo se ha dado conocimiento; así que trataremos de los demas meteoros de esta clase.

Exalaciones.

Las exalaciones son unos pequeños globos compuestos

de varias materias inflamables que esparcen una claridad mas ó menos viva y que algunas veces se les vé revoltear en la atmósfera.

Hay tambien estrellas vagas cadentes ó caedizas, las que consisten en unas pequeñas nubecitas que contienen varias exalaciones que llegándose a calentar se inflaman por sí mismas, y como no arden súbitamente, sino al contrario con mucha lentitud, parecen en la atmósfera como una estopa ardiendo, porque el aire las ofrece una resistencia que las hace retirarse poco á poco.

Muchas veces este fuego se disipa en los aires y algunas llega hasta la tierra, y entonces se encuentra en el sitio de su caída una materia blanca y viscosa como la de la cola, habiéndose consumido enteramente la materia combustible.

Ordinariamente las exalaciones en su aparicion presentan el mismo fenómeno que ofrecería una estrella que desprendiéndose de la bóveda celeste se precipitase hácia la superficie de la tierra.

Fuego de S. Telmo llamado tambien Castor y Polux.

Este meteoro consiste, en unas llamas ó lucecillas pequeñas que solemos ver cuando truena en los pabellones, jarcias y mastiles de los navios y en cualesquiera objetos que terminan en punta.

Fuegos fátuos ó ambulones.

Son unos fuegos muy débiles que en el verano y principios de Otoño fluctúan en el aire, inmediatos á la tierra: cuando de mas cerca se les vé, brillan menos, y suelen verse en los sitios donde hay mas descomposicion de materias, animales y vegetales, tales como en los cementerios, muladares, pántanos, &c.

Estos fuegos fátuos han dado lugar á muchas fábulas y causado muchos sustos á personas poco instruidas y pusilánimes, que los han atribuido á apariciones de difuntos y otras necedades fruto de la ignorancia; siendo asi que so-

lo provienen del fósforo que se halla en los huesos de los animales.

Fuegos lambentes.

Los que suelen verse sobre las cabezas de los niños y sobre la crin de los caballos, principalmente cuando sus arreos y adornos terminan en punta; y deben tambien su origen á la electricidad.

Globos de Fuego.

Son las exalaciones, ó lo mismo que las estrellas vagas, esto es, unos metéoros que aparecen en la atmósfera en figura de globo animado de un movimiento muy rápido y ordinariamente acompañado de una cola luminosa: se han visto algunos cuyo diámetro parecia igual al de la Luna llena, y su cola luminosa equivalia á siete ú ocho veces el diámetro del globo.

Aerólitos.

Son unas piedras caidas á la tierra desde la atmósfera y cuyo origen no se conoce suficientemente; se compone, segun la análisis quimica que se ha hecho de ellas, de silice; de magnesia, de azufre, de hierro, en el estado metálico, de nichel y de algunas partículas de cromo.

Terminadas las lecciones de nuestro objeto en la presente obra elemental, en la que se ha procurado establecer todos los principios de esta parte de los conocimientos humanos; tambien de los numerosos fenómenos, que ofrecen las propiedades de los cuerpos del 1.^o orden, como las del 2.^o y 3.^o, no solo de los sólidos y líquidos, sino aun de los fluidos aeriformes; estableciendo las teorías y causas en que se fundaban, y las diferentes hipotesis inventadas al efecto.

Al mismo tiempo, se han indicado los autores en que pueden los cursantes estender la esfera de sus conocimientos tanto de los principios generales, como de la Hidrodinamica, que dividimos en Hidrostática, é Hidráulica, los

de la Mecanica, Optica, Catoptrica, y Dioptrica, sin dejar de hacerlo igualmente de los que presentan, ú ofrecen el Electro-Magnetismo, y las propiedades del iman &c. &c.

Se ha tratado particularmente del aire bajo todos aspectos, cual el fisico debia considerarlos.

El agua, calórico y medios inventados para apreciarlo, ocupó su lugar oportunamente, sin omitir la descripcion de varios aparatos, é instrumentos que se han considerado de indispensable uso, mientras que las demostraciones ofrecen las de todos al practicar los numerosos experimentos en las esplicaciones de los fenómenos, que los motivan.

Mas al complemento faltaba solo, aquella parte necesaria á la verdad, al fisico y que conocemos con el nombre de astronomia fisica, lo que será el objeto de las siguientes lecciones.

CAPÍTULO XVIII.

LECCION LVIII.

SISTEMA-PLANETARIO: DE LA ASTRONOMIA FISICA: DESCRIPCION DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS CUERPOS CELESTES: FENÓMENOS PRODUCIDOS POR EL MOVIMIENTO DE LA TIERRA Y DE LOS PLANETAS EN SUS ORBITAS: DE LOS DEL SOL: PLANETAS INFERIORES Y SUPERIORES: MOVIMIENTOS DE LA LUNA EN SU ORBITA: SUS FACES: ECLIPSES: DE LA LUNA: DE LOS DEL SOL.

Astronomia.

ARTICULO PRIMERO. Es aquella ciencia que nos enseña á conocer los movimientos y las revoluciones de los astros; así como la Cosmografia, de que hablaremos despues, nos dá á conocer su número y disposicion.

Algunos creen, que la astronomia debe su origen á los Caldeos: otros que á los Pastores, que fueron los primeros observadores del cielo.

La superficie de este nos parece sembrada de estrellas:

entre estas y nosotros hay otros astros que varian continuamente de posicion respectivamente unos de otros, cuyos movimientos y diferentes situaciones se ha pretendido explicar por medio de diferentes sistemas.

Sistema planetario.

ARTICULO SEGUNDO. Se llama sistema del mundo el conjunto y disposicion de los cuerpos celestes, y el orden segun el cual se hallan colocados estos cuerpos unos respecto á otros y segun el cual se mueven.

Pero antes de tratar de la verdadera situacion de estas órbitas, será conveniente explicar los movimientos de los cuerpos celestes.

Los antiguos filósofos, que casi no conocian las circunstancias del movimiento de los planetas, no tenian medios evidentes para conocer la verdadera disposicion de sus órbitas por cuyo motivo variaron mucho de opinion en este punto.

Primero supusieron inmóvil á la tierra en el centro del mundo, y que todos los cuerpos celestes giraban alrededor de ella, como naturalmente se cree antes de haber discutido las pruebas de lo contrario.

Mas habiendo los babilonios, y despues Pitagoras y sus discípulos, examinado de mas cerca estas ideas hicieron de la tierra un planeta y colocaron al Sol inmóvil en el centro del mundo; ó por mejor decir en el centro de nuestro sistema planetario.

Platon hizo renacer despues el sistema de la inmovilidad de la tierra, el cual siguieron muchos filósofos, entre ellos Ptolomeo que supone que alrededor de la tierra dan vuelta todos los astros para alumbrarla, lo que exigiría una velocidad inconcebible de parte de estos astros, porque las estrellas se verian obligadas á correr lo menos quinientos millones de leguas por segundo de tiempo.

Hubo otros dos sistemas, que son el de los egipcios y el de Ticho-Brahe, que el primero es parecido al de Ptolomeo que acabamos de explicar, con la diferencia de que á Mercurio y Venus se les consideró como satélites del

Sol, y que siempre daban vuelta alrededor de este astro; y el segundo es un compuesto del de Copérnico y Ptolomeo, y es el siguiente: supuso pues á la tierra en reposo, y que los otros planetas girando alrededor del Sol giraban tambien con él alrededor de la tierra en veinte y cuatro horas. Como el sistema de Ticho-Brahe exige la misma rapidéz de movimiento que los de Ptolomeo y de los egipcios, no es mas admisible que estos.

Copérnico piensa que la tierra tiene un movimiento de rotacion sobre su eje que se le llama movimiento diurno que lo hace en veinte y cuatro horas; lo que no exige la velocidad tan prodigiosa del movimiento de los astros: en seguida supone que el Sol está en el centro de nuestro sistema planetario; que la tierra dá vuelta alrededor de él en el espacio de un año en su movimiento anual por el cual describe la eclíptica y esplica todos los fenómenos astronómicos de que no se puede dar razon en los otros sistemas, ademas, que la Luna dá vuelta alrededor de la tierra en una órbita que es llevada con la tierra en su movimiento anual alrededor del Sol: que los otros planetas hacen lo mismo con sus satélites en mas ó menos tiempo, y que todo está terminado por las estrellas fijas.

Los astrónomos siguen en el dia, el sistema de Copérnico corregido por Keplero, Galileo y otros célebres astrónomos que piensan que las estrellas fijas están á diferentes distancias del Sol y que atribuyéndoles un movimiento de rotacion sobre su eje presumen que pueden ser el Sol de otros tantos sistemas planetarios quizá mas considerables que el nuestro: porque su distancia de la tierra es tan grande que aun no se ha podido medir el grandor de ninguna estrella, ni con los mejores telescopios.

Cosmografia.

Hemos indicado que la cosmografia es la ciencia que nos dá á conocer el número y disposicion de los cuerpos celestes; y tambien podrémos llamarla sin temor, la ciencia que nos describe el mundo.

El mundo ó el universo es el conjunto de todos los cuerpos celestes que existen en el inmenso espacio que se

comprende entre la tierra y las estrellas mas distantes.

Los cuerpos celestes se dividen , en cuerpos luminosos por sí mismos, y en cuerpos que no tienen luz propia, sino que están alumbrados por la que reciben de los cuerpos luminosos.

Los luminosos son el Sol y las Estrellas, que son en tan gran número que no se pueden contar.

Los cuerpos luminosos parecen que fueron destinados á ocupar el centro del movimiento de un cierto número de cuerpos opacos que forman lo que hemos llamado sistema, á quien ellos alumbran, esto es, por lo menos en cuanto al Sol, y podemos inferir suceda lo mismo con respecto á cada Estrella.

Cuerpos opacos no conocemos mas que aquellos que están alumbrados por el Sol; pero es probable suceda lo mismo alrededor de cada estrella que debemos mirar como centro de otro sistema planetario, como el Sol lo es de los que conocemos.

Nuestro sistema planetario, está formado por el Sol y todos los cuerpos opacos conocidos que se dividen en tres clases: en planetas, satélites y cometas.

El Sol, es un cuerpo esférico luminoso por sí mismo, que despide su luz á su rededor, y á bastante distancia para iluminar á la tierra y á todos los demas planetas.

Sobre la naturaleza del Sol, han reinado varias opiniones. Los antiguos, como Platon, Zenon, Pitágoras, Metrodoto, &c., creyeron que era un globo de fuego; cuya opinion han seguido entre los modernos Keplero, Kircher, Reyta, &c., pero Descartes y algunos otros pensaron que era un compuesto de una materia súmamente sutil, capaz de escitar en nosotros la sensacion de la luz y del calor; opinion que no se ha seguido, pues en el dia se cree con bastante generalidad que el Soles un compuesto de la materia del fuego y de la luz, que consideran los fisicos como una misma, pero diferentemente modificada. En efecto es muy verosímil, pues el Sol calienta é ilumina, en lo que consisten las dos propiedades principales de la materia del fuego y de la luz.

Sea cual fuese la naturaleza del sol, es constante que,

entre todos los cuerpos celestes, es el que mas nos interesa: este astro es el principal manantial del calor que anima nuestro globo; y de la luz que le ilumina; forma los dias, las estaciones y los años; vivifica á todo lo que vegeta sobre la tierra; y necesitamos de su calor para nuestra conservacion; su accion se estiende en torno de él á distancias inmensas; de suerte que es el centro de una esfera de actividad que puede considerarse como formada de una infinidad de rayos divergentes, que parten de todos los puntos de su superficie. Y así iluminando y calentando, su accion en los cuerpos que la reciben, es tanto mayor cuanto están mas cerca de él; y la proporcion en que se experimenta esta accion en los cuerpos, es en razon inversa del cuadrado de la distancia, segun lo manifestamos hablando de la optica. Por esta razon se cree que el agua estaria siempre hirviendo en Mercurio, y helada en Saturno.

El sol en los sistemas de Ptolomé y Ticho-Brahe es un planeta que hace su revolucion alrededor de la tierra; pero el de Copérnico, que en el dia está demostrado por el único verdadero, el sol no es un planeta; está colocado en el centro del mundo, y á su rededor forman sus revoluciones los planetas, en cuyo número se comprehende á la tierra

La magnitud de este brillante astro, ó su diámetro es cerca de 111 veces mayor que el de la tierra; de lo que resulta que es casi un millon y cuatrocientas mil veces mas gruesa que ella: quizá seria mas fácil determinar exactamente su magnitud sino fuese tan prodigiosa su distancia de la tierra.

En cuanto á su distancia varian los astrónomos, pero tomando un medio entre la mayor y menor distancia que señalan será de 24038 semidiametros de la tierra, ó lo que es lo mismo 27.547.740 leguas, dando al semidiametro terrestre 1146 de 20 al grado.

Por algun tiempo se creyó, que el sol daba vuelta á la tierra; pero en el dia se está en la inteligencia de que no la dá, antes al contrario, la tierra es la que dá la vuelta al rededor del Sol, y al mismo tiempo sobre su eje; y tambien se ha conocido por las manchas que se notan sobre el

disco del Sol, que este tiene un movimiento de rotacion sobre si mismo que se efectúa en veinte y cinco dias y doce horas.

El movimiento del Sol no es mas, que una apariencia, pues la tierra en virtud de su movimiento de rotacion sobre su eje en el discurso de veinte y cuatro horas, es la que dá origen á este engaño; mas como á nosotros no se nos puede hacer sensible este movimiento, y á cada instante, en virtud de la vuelta que vamos dando con la tierra nos vamos aproximando por la mañana al Sol, al mediodia le tenemos casi perpendicular y despues lo dejamos atrás á causa de la elevacion que á cada momento vá tomando el horizonte, (hasta que por haber dado ya el globo la media vuelta que forma el dia se nos oculta el Sol del todo y quedamos á oscuras en la media vuelta restante que alumbrá el hemisferio opuesto, hasta que el nuestro vuelve á presentarse hácia el Sol) nos parece, repito que este es el que dá vuelta y no la tierra; así como sucede al que va embarcado en un navio que al salir del puerto le parece que la tierra, los árboles, y cuanto le rodea se mueve y se va apartando de él, siendo así que realmente es lo contrario, es decir que el que anda y se aparta es el navio, y no la tierra, ni los árboles; pero si nos fuese posible elevarnos á distancia de 40000 leguas (esto es situarnos entre la Luna y la tierra) entonces notaríamos claramente el movimiento de rotacion de esta como lo notamos en los demas planetas.

Planetas.

ARTÍCULO TERCERO. Los planetas son unos astros ó cuerpos opacos que mudan de situacion los unos respecto á los otros y á las estrellas fijas.

No son luminosos por si mismo, pues como se ha dicho, todos son opacos y solo brillan y nos reflejan su luz porque esta la reciben del Sol alrededor del cual se mueven de occidente á oriente describiendo unas orbitas mas ó menos elípticas, con otro movimiento propio y periódico de rotacion que tienen sobre su eje.

Los planetas, que componen el sistema, en todo son

treinta y dos: once que se llaman principales ó primarios porque describen su órbita alrededor del Sol, y veinte y uno secundarios ó satélites, porque la describe alrededor de su planeta principal.

Los planetas primarios son once: á saber: Mercurio, siguiendo el órden de sus distancias al Sol, es el 1.º y parece estar sumergido en los rayos de este astro.

Venus: que tambien se llama lucero de la mañana y véspero ó lucero de la tarde; porque unas veces precede al Sol, otras le sigue y se pone despues de él.

Es el segundo en órden y describe una órbita mucho mayor que Mercurio.

Con buenos telescopios se vé que estos dos planetas presentan sus fases como la Luna.

La tierra: nuestro globo, ocupa el tercer lugar, el que, como vemos, es domicilio de una multitud de criaturas animadas é inanimadas, de minerales y plantas, y el imperio del hombre. Su superficie se compone de agua, tierra, montañas y valles; y su capa interior consiste en capas de diferentes materias.

Marte el 4.º

Vesta el 5.º

Juno el 6.º

Palas el 7.º

Ceres el 8.º

Estos cuatro nuevos planetas se llaman telescópicos; porque no se perciben sino con el telescopio.

Jupiter el 9º

El 10º Saturno.

Y Urano, ó Herschell el 11.º

Mercurio el mas cercano al Sol de todos estos globos, hace su revolucion en cerca de 88 dias; y aunque dista de este astro unos 10.627.156 leguas está comúnmente sumergido en sus rayos y casi siempre invisible para nosotros.

Venus, que dista del Sol 19.857.893 leguas, hace su curso en poco mas de 224 dias.

La tierra, de quien hablaremos despues, situada como se ha dicho en su distancia media al Sol á 27.547.740 leguas, (y segun otros astrónomos á 34 millones de las de

25 al grado) necesita un año ó 365 dias y 6 horas para hacer su revolucion, y siempre vá acompañada de la Luna en su órbita.

Marte, concluye la suya en cerca de 687 dias y dista del Sol 41.830.460 leguas.

Vesta, por un cálculo aproximado, dista del Sol 54 millones de leguas y hace su revolucion alrededor de él en 1335 dias y 6 horas (3 años y cerca de 8 meses.)

Juno, tambien por un cálculo aproximado, distará del Sol unos 58 millones de leguas y hace su revolucion en cerca de 1591 dias (4 años, 4 meses y 10 dias.)

Palas, dista del Sol 76.026.545 leguas, y hace su revolucion en 1679 dias (4 años, 7 meses y 8 dias.)

Ceres, dista del Sol 76 millones y medio de leguas, y hace su revolucion alrededor de este astro en algo mas de 1681 dias (dos mas que Palas.)

Jupiter, á distancia de 142.784.268 leguas, hace su revolucion en casi 12 años, acompañado de sus satélites.

Saturno, tambien con los suyos hace su revolucion en cerca de 29 años y medio, y dista del Sol unos 261.887.559 de leguas.

Y Urano, la hace en casi 84 años, y dista del Sol 526.650.538 leguas.

Los planetas ademas del movimiento de que hemos tratado alrededor del Sol, que es como su año, tienen otro de rotacion sobre su eje que forma su dia.

El de Venus es de cerca de 24 horas: el de la Tierra algo mas de 23½. El de Marte un poco mas; y el de Júpiter cerca de diez. La gran distancia de Saturno, y la pequenez de los demas planetas, la debilidad de su luz, y asimismo el hallarse Mercurio tan próximo al Sol, han impedido descubrir en ellos manchas, por cuyo medio se pudiera determinar el tiempo que emplea en su rotacion: no obstante por analogia es de creer que giran sobre su eje como los demas planetas.

De estos hay algunos que tienen sus satélites; como la tierra acompañada de uno, que es la Luna, dá vuelta á su rededor. Júpiter, tiene cuatro. Saturno siete y Urano nueve.

Los planetas se distinguen de las estrellas, en que estas tienen una luz centellante de que carecen los planetas, que cada uno tiene su color particular. Poseen ademas los planetas ciertos caracteres ó señas particulares que los distinguen unos de otros y sirven tambien para reconocerlos en el cielo con facilidad.

Mercurio despidе una luz blanquecina, y raras veces podemos verlo, porque se pierde en el resplandor de los rayos solares, no apartándose del sol sino cuando mas, 28 grados, es decir, tanto como la luna dos dias despues del novilunio.

La brillante luz del hermoso planeta Venus es tan considerable, que en parage oscuro proyecta sombra sensible, y á veces se le descubre con la simple vista en el cuerpo del dia. Nunca se puede ver á media noche, pues á lo mas se aparta del sol 47 á 48 grados, y solo aparece dos ó tres horas por mañana ó tarde cuando se halla en la parte de su órbita que está al O. del Sol, nace antes que él, se vé por la mañana, y se llama Phosphorus, Lucifer, ó la Estrella de la aurora: cuando al E. del Sol, brilla por la tarde despues de ponerse el astro del dia, llamándose Hesperus, Vesper, ó Estrella de la tarde.

Alguna vez pasan Mercurio ó Venus por delante del Sol, apareciendo como manchas redondas y negras sobre el disco solar: estos fenómenos se llaman pasos.

Marte, el menos elegante de todos los planetas, aparece de color rojo oscuro; y aunque alguna vez lo vemos tan abultado como Venus, nunca le iguala en brillo y claridad.

El considerable volúmen de Júpiter hace que apesar de su mucha distancia de nosotros, parezca siempre tan grande como Venus; pero su luz nunca es tan brillante y se asemeja mucho á la de la Estrella Sirio.

La de Saturno es pálida y débil; su color menos distinguido que el de Jupiter, pero tambien menos rojo que el de Marte.

En todo rigor solo estos cinco planetas se asemejan á una estrella de primera magnitud; los demas se nos presentan con mucho menos volúmen.

Cuando observamos á Herschell con telescopio que en-

grándezca los objetos trescientas veces, le verémos con un disco sensible muy bien terminado; con instrumentos de menos fuerza, apenas puede distinguirse de una estrella fija de entre 6^a y 7^a magnitud, y solo puede observarse con la simple vista, cuando la Luna no está sobre el horizonte. Su luz es de color azul claro, y su brillantéz entre las de la Luna y Venus.

Por lo que se sabe hasta ahora de los dos planetas modernamente descubiertos, los cuales solo pueden verse con anteojos astronómicos, puede decirse que Ceres ó Piazzi, observado con anteojo que amplifique 60 veces, si se halla en el Meridiano, y el aire despejado, tiene un disco redondo y bien definido, y se parece á una estrella de sexta magnitud: su color es rojo y semejante á la de Marte su vecino. Palas ú Olbers, arroja la luz pálida y blanquecina: su diámetro aparente es mas chico que el de Ceres y brilla menos que Herschell.

La forma de los planetas parece que ha sido redonda y que la rapidéz de su movimiento los ha aplastado despues un poco hácia los polos y levantado hácia el Ecuador.

Los satélites giran alrededor de sus planetas respectivos, y los acompañan en su movimiento alrededor del Sol.

Los planetas describen en su movimiento elipses poco diferentes del círculo, las que tienen una posicion casi constante, en que el centro del Sol ocupa uno de los focos.

La distancia del centro de la elipse descrita al centro del Sol, que ocupa uno de los focos, se llama escentricidad del planeta.

En cada revolucion un planeta se aproxima y se aparta una vez del Sol: hallase un planeta en su mayor distancia del Sol cuando está en la estremidad del eje mayor de la elipse, que mas dista del foco que el Sol ocupa; quando se halla en la estremidad opuesta se halla en su menor distancia.

La distancia de un planeta al Sol se llama media, quando se diferencia igualmente de la mayor que de la menor. El planeta se halla en este caso en los estremos del eje me-

nor; en estos dos puntos de la elipse el planeta está á igual distancia de los focos, y como la suma de las distancias del planeta á los dos focos, es igual al eje mayor, se sigue que la distancia media de un planeta es igual á la mitad del eje mayor.

El punto de la elipse en que el planeta está en su mayor distancia del Sol se llama atelio; el otro en que el planeta se halla en su menor distancia del mismo astro se llama perihelio; estos dos puntos se llaman comúnmente los ápsides.

La línea que une los ápsides, es decir, el eje mayor de la órbita, se llama línea de los ápsides.

Cada órbita está en un plano que pasa por el centro del Sol.

El punto en que un astro se halla en su mayor distancia de la tierra se llama apogeo. Aquel en que el astro se halla en su menor distancia de la tierra se llama perigeo.

El plano de la órbita de la tierra se llama plano de la eclíptica. Este plano se considera prolongado por todas partes, y los astrónomos observan la situación de los planos de las demas órbitas con relacion á este.

Los puntos en que las órbitas cortan al plano de la eclíptica se llaman nodos, y la línea que une los nodos de una órbita cualquiera se llama línea de los nodos.

Todos los planetas se mueven de Occidente á Oriente.

El movimiento tal como es el de los planetas en sus órbitas se llama movimiento directo; el contrario se llama retrógrado.

Los planetas no se mueven con la misma velocidad en todos los puntos de sus órbitas; pero siempre las áreas descritas por sus rádios vectores son proporcionales á los tiempos.

El movimiento de los planetas es tanto menos rápido, cuanto están mas apartados del Sol; de manera que la magnitud de la órbita, y la lentitud del movimiento concurren en el aumento de la duración de sus revoluciones siderales, ó de sus tiempos periódicos.

Se llama eje de un planeta, una línea que pasa por

el centro del planeta y sobre la que el gira: las estremidades de esta línea son los polos del planeta.

El Sol está animado de un movimiento de rotacion. Todos los planetas tienen igual movimiento, el que se efectúa en el mismo sentido que su movimiento de traslacion.

Los ejes se mueven tambien paralelos, de manera que todos los puntos del eje de un planeta describen líneas iguales y parecidas.

Los planetas cuya órbita encierra la de la tierra se llaman superiores: llámanse inferiores aquellos cuya órbita está abrazada por la de la tierra.

La Luna se mueve en una órbita elíptica en que el centro de la tierra ocupa uno de los focos. Tomando el semidiámetro de la tierra por unidad, la distancia media de la Luna es de 60 semidiámetros terrestres.

En el movimiento de la Luna alrededor de la tierra la línea de los ápsides y de los nodos no van con movimiento paralelo.

El movimiento de la línea de los ápsides es directo, cuando el de la línea de los nodos es retrógrado: la primera emplea cerca de 9 años en su revolucion y la segunda 19.

La duracion de la revolucion sideral de la Luna alrededor de la tierra á su tiempo periódico es de 27 dias 7 horas 43 minutos, 11 segundos, 36 terceros; gira sobre su eje exactamente en el mismo tiempo.

Todos los satélites que acompañan á sus respectivos planetas, segun hemos manifestado, guardan las distancias en sus movimientos relativos; en los que emplearán diferentes tiempos periódicos; y en las obras de astronomía tanto antiguas, como del dia, podrán orientarse los amantes á estos conocimientos con toda estension.

El sistema planetario no está esclusivamente compuesto de los planetas y de sus satélites.

Descríbense de tanto en tanto en los espacios celestes astros que siendo al principio imperceptibles van aumentando sus dimensiones y velocidad, la disminuyen despues y acaban al fin haciéndose invisibles.

Estos astrós que llevan el nombre de cometas están ordinariamente acompañados de una larga cola que se vé siempre en la parte opuesta al Sol.

En el dia la analogía y la observacion concurren para convencernos que los cometas son cuerpos opacos como los planetas, que se mueven en elipses muy escéntricas en que el Sol ocupa uno de los focos, y en que las áreas descritas por los rádios vectores, son proporcionales á los tiempos.

El abreviado cuadro del sistema planetario que se acaba de esponer es perfectamente conforme con las observaciones; por lo que los diferentes objetos que contiene están al abrigo de toda refutacion.

Los que pretenden que la tierra está en quietud se cansan en declamaciones pueriles sin dar prueba alguna plausible en favor de su opinion.

Fenómenos producidos por el movimiento de la tierra y de los planetas en sus órbitas.

ARTICULO CUARTO. Si un cuerpo está colocado entre un plano y el ojo, las partes del plano se pintan en la retina al lado de las partes de la imágen del cuerpo; de aquí se sigue que juzgamos hallarse á la misma distancia el cuerpo y las partes del plano; luego este cuerpo debe parecernos aplicado sobre el plano, sea cual fuere la distancia que de él le separe.

De esto depende que consideramos todos los cuerpos celestes en esta boveda imaginaria que nos parece ser el limite del espacio. Asi la Luna cuya distancia de la tierra es nada relativamente á la de Urano, nos parece colocada con este planeta en la region de las estrellas.

El espectador terrestre aunque ajitado de diferentes movimientos, al contemplar los cielos se cree en quietud en el centro de una esfera que imagina hasta los confines del espacio en donde se hallan las estrellas. El orbe de la tierra es tan pequeño relativamente al diámetro de esta esfera que su centro no muda sensiblemente aunque el espectador sea transportado con la tierra: de que se sigue

que en todo tiempo y en todos los puntos de la superficie de la tierra sus habitantes imaginan la misma esfera en la que consideran todos los astros, y que se llama esfera celeste.

Sentado esto , si se concibe una línea que termine en esta esfera pasando por la tierra y algun otro cuerpo, se tendrá el lugar aparente de este cuerpo. Cuando la tierra ó el cuerpo ó bien los dos juntos están en movimiento, esta línea se mueve, la que su estremidad describe en la esfera celeste , representa el movimiento aparente de los cuerpos: de que se sigue que el movimiento aparente es el mismo sea que la tierra esté en movimiento, ó sea que lo esté el cuerpo: tambien si se mueven los dos, con tal que la línea que pasa por la tierra y por el cuerpo no sea transportada por un movimiento paralelo.

Si esta línea se moviera paralela á si misma, consideraríamos al cuerpo constantemente en el mismo punto de la bóveda celeste; porque en esta suposicion el espacio corrido por la estremidad de la línea que toca en la esfera celeste es igual al espacio corrido por la tierra, y este espacio queda reducido á nada relativamente á la inmensa distancia que nos separa de las estrellas.

Fenómenos del Sol producidos por el movimiento de la tierra en su órbita.

ARTICULO QUINTO. La tierra se supone en su órbita en el punto correspondiente así como debe considerarse una porcion de la esfera celeste; estando el Sol en el centro su lugar aparente es un punto de la porcion de esfera celeste; y mientras la tierra se mueve en su órbita respectiva, el Sol parece moverse en sentido contrario; de que se sigue que en el mismo tiempo que la tierra corre su órbita entera, el Sol parece hacer un semejante giro.

Este camino aparente del Sol se llama eclíptica, la que es la seccion de la esfera celeste por el plano de la eclíptica continuando hasta á esta esfera.

La eclíptica está dividida en doce partes iguales que se llaman signos. Estos se nombran Aries, Tauro, Gemi-

nis , Cancer , Leo , Virgo , Libra , Escorpion , Sagitario , Capricornio , Acuario , Picis.

Se ha tomado el primer punto de Aries por principio de la eclíptica.

Es claro que la velocidad del Sol, en su movimiento aparente, depende de la velocidad del movimiento angular de la tierra con relacion al centro del Sol, y este movimiento aumenta por dos causas que concurren siempre juntas; es á saber, la disminucion de la distancia del Sol, y el aumento de la velocidad de la tierra. Esta es la razon porque el movimiento aparente del Sol es sensiblemente irregular.

La longitud del Sol es su distancia al primer punto de Aries medida segun la serie natural de los signos.

La longitud de los demas astros se mide de la misma manera sobre la eclíptica á la que se les refiere, concibiendo un gran círculo perpendicular á la eclíptica que pasa por el centro del astro cuya longitud se indaga. El punto en que este círculo corta la eclíptica determina la longitud del astro.

La latitud de un astro es su distancia á la eclíptica medida por el arco de un grande círculo perpendicular á la eclíptica comprendido entre el astro y la eclíptica. Este círculo se llama círculo de latitud.

Si se concibe en el centro de la esfera celeste una línea perpendicular al plano de la eclíptica, los puntos en que esta línea corta á esta esfera se llaman los polos de la eclíptica.

El Zodiaco es una zona que se concibe en el Cielo dividida en dos pártes iguales por la eclíptica, y terminada por cada lado por un círculo paralelo á la eclíptica distante ocho grados de ella.

Los cuerpos celestes se hallan en conjuncion quando tienen la misma longitud, y en oposicion quando la diferencia entre sus longitudes es de una semicircunferencia.

Fenómenos de los planetas inferiores producidos por sus movimientos y el de la tierra en sus órbitas.

ARTICULO SESTO. La distancia aparente de un planeta al

Sol se llama su elongacion. Esta varia por dos causas, es á saber, porque la tierra y el planeta se mueven en órbitas elípticas.

La órbita de la tierra abraza la de los planetas inferiores; luego la tierra no se puede jamas hallar entre el Sol y los planetas inferiores, los que de consiguiente nunca se ven en oposicion con el Sol.

Estando los planetas inferiores menos distantes del Sol que la tierra, acaban en menos tiempo sus revoluciones: de que se sigue que pasan entre la tierra y el Sol, y se mueven en seguida mas allá del Sol con relacion á la tierra. Esta es la razon porque se hallan dos veces en conjuncion con él Sol durante su revolucion sidereal: 1º cuando están entre el Sol y la tierra; 2º cuando el Sol está entre la tierra y los planetas. La primera se llama conjuncion inferior, la segunda conjuncion superior.

Consideremos ahora los fenómenos que dependen del movimiento propio de los planetas inferiores, y particularmente sus faces.

Supongamos á Venus en su órbita. Este planeta luce por luz recibida del Sol: de que se sigue que solo el hemisferio que está vuelto hácia el Sol es iluminado.

Si el punto de la órbita del planeta inferior es un nodo, el planeta parece encima del mismo disco del Sol, y se observa una mancha negra que se mueve en la superficie de este astro. En este caso no se vé propiamente hablando al planeta, se descubre si el lugar en que estando como aplicado sobre el Sol, nos priva de sus rayos.

El diámetro aparente de un planeta inferior está en su máximo cuando se halla en su menor distancia de la tierra; el hemisferio iluminado es en este caso el mayor posible; pero á medida que el planeta se aproxima á la tierra la parte iluminada visible disminuye de manera que la luz crece por una causa y disminuye por otra. Hay, pues, una distancia media en que la luz reflejada por el planeta es en la mayor cantidad posible.

Fenómenos de los planetas superiores producidos por sus movimientos y el de la tierra en sus órbitas.

ARTICULO SEPTIMO. Los fenómenos de los planetas superiores se diferencian bajo ciertos respectos, de los que nos presentan los planetas inferiores, y esta diferencia tiene por causa su diferente posicion con relacion á la tierra y al Sol.

La órbita de los planetas superiores abraza la de la tierra. Ademas la velocidad de la tierra es mayor que la de los planetas superiores: de que resulta que la tierra en su movimiento pasa entre los planetas superiores y el Sol, y en este caso parecen en oposicion con este astro.

La latitud de los planetas superiores varia como la de los planetas inferiores, con relacion á la inclinacion de sus órbitas al plano de la eclíptica.

La grande distancia de Júpiter, de Saturno y Urano hace que sus hemisferios iluminados por el Sol sean visibles por todas partes en la superficie de la tierra; esta es la razon porque estos planetas se ven siempre bajo una figura esférica. No sucede lo mismo con Marte, que parece un poco convexo entre su conjuncion y oposicion con el Sol.

Saturno está rodeado de un anillo delgado, cuya anchura aparente es poco mas ó menos igual á su distancia de la superficie de Saturno. Este anillo es invisible, 1.º quando el plano del anillo prolongado pasa por la tierra porque entonces el espesor del anillo no es sensible; 2.º quando su plano prolongado pasa entre el Sol y la tierra, porque en este caso la superficie iluminada del anillo no está vuelta hácia la tierra. En estos dos casos parece Saturno de figura esférica.

No obstante en el último caso los rayos interceptados por el anillo forman en la superficie del planeta una mancha parecida á la que se vé por la sombra del anillo.

Fenómenos producidos por el movimiento de la Luna en su órbita.

ARTICULO OCTAVO. La Luna haciendo su revolucion alrededor de la tierra debe hallarse á menudo en conjuncion con el Sol, y otras tantas veces en oposicion.

Esto no sucede en cada revolucion de la Luna en su órbita; porque despues de una revolucion entera de 27 dias, 7 horas, 43 minutos, 11 segundos, 30 terceros, vuelve al mismo punto en que se hallaba en conjuncion con el Sol, este se ha alejado de aquel punto cerca de 27 grados, de manera que no vuelve en conjuncion con el Sol sino en virtud del esceso de su movimiento sobre el de este astro, esceso que se llama movimiento sinódico lunar.

La duracion de la revolucion sinódica de la Luna es de 29 dias y medio.

Esta es al año trópico poco mas ó menos como 19 á 235: es decir, que 19 años solares forman cerca 235 meses lunares.

Fases de la Luna.

ARTICULO NOVENO. Se llama fases de la Luna, á las diferentes formas que este astro nos presenta en los 29 ó 30 dias que emplea en hacer su revolucion.

Hay cuatro que dependen de su situacion respecto del Sol y la tierra. No siendo la Luna luminosa por si misma, esto es, no brillando mas que por la luz que recibe del Sol y que refleja hácia nosotros, como lo hace un espejo, quando su parte que no está alumbrada está vuelta hácia nosotros, entonces no la vemos.

La luna y el sol corresponden á un mismo punto del cielo y se dice estar en conjuncion, de donde se sigue que la parte de la luna vuelta hácia el sol es la sola alumbrada por este astro, mientras que la otra parte vuelta hácia la tierra está en la oscuridad; el dia en que sucede esta face (que se llama luna nueva); la luna sale y se pone al mismo tiempo, poco mas ó menos, que el sol.

A los tres dias despues se comienza á descubrir una pequeña porcion del hemisferio alumbrado de la luna, y quando este satélite ha llegado á 90 grados distantes del sol, se percibe la mitad del hemisferio alumbrado: esta segunda fase se conoce bajo el nombre de primer cuarto ó cuarto creciente, y el dia en que sucede sale la luna al tiempo, poco mas ó menos, del paso del sol por el Meridiano, ó para hablar mas claro, al mediodia.

Continuando la luna su curso, la parte que se descubre de su hemisferio alumbrado va creciendo, hasta que la luna habiendo llegado á 180 grados del sol, se percibe todo él alumbrado enteramente, y se dá á esta fase el nombre de luna llena.

El sol y la luna están entonces en oposicion.

El dia de luna llena, ésta sale hácia el tiempo de ponerse el sol. Despues de esta fase se principia á perder de vista el hemisferio alumbrado de la luna hasta el punto en que está á 270 grados del sol: entonces es la cuarta fase conocida bajo el nombre de cuarto menguante ó segundo cuarto.

En este dia sale la luna hácia la media noche. Pasado este tiempo este satélite llega á los 360 grados de su revolucion, esto es, ha dado una vuelta entera á la tierra, y vuelve á entrar otra vez en conjuncion con el sol.

Quando la luna está en conjuncion con el sol, su hemisferio iluminado no está vuelto hácia la tierra, y en este punto la luna es del todo invisible. Pero mientras la luna es transportada por su órbita de la conjuncion á la oposicion, el hemisferio iluminado que está siempre de parte del sol vá poco á poco haciéndose mas visible al espectador colocado en la superficie de la tierra; de aquí es que parece renacer despues de la conjuncion, que parece bajo la figura de una débil media luna luminosa, que se aumenta á medida que se aleja de aquel punto, y que llega á ser un círculo entero de luz quando la luna se halla en oposicion con el sol.

La luna es nueva en la conjuncion, es llena en la oposicion.

Se dá el nombre de cuadraturas á los puntos de la órbita en que la luna está distante del sol de 90 á 270 grados medidos segun la direccion de su movimiento propio.

En éstos dos puntos que se llaman primero y segundo cuarto de la luna, el espectador terrestre vé muy cerca de la mitad de su hemisferio iluminado.

Eclipses de la Luna.

ARTICULO DIEZ. Por eclipse, se entiende la privacion total, ó en parte, de la luz de un astro, causada por la interposicion de otro que pasa por entre el astro luminoso y el que recibe la luz.

Dos principales son los que se conocen; que son los de la Luna y Sol.

Los otros planetas se hallan tambien algunas veces eclipsados; pero estos eclipses son mas dificiles de notarse.

Los eclipses de Luna, se verifican por la interposicion de la tierra entre la Luna y el Sol.

Se concibe facilmente que entonces los rayos del Sol, siendo interceptados por la tierra, no pueden alumbrar á la luna y de consiguiente esta á nosotros, pues no tiene luz propia lo que es causa de que no la veamos pues que solo la percibimos por la luz reflejada que nos envia.

Para que un eclipse sea total, es necesario que el Sol, la luna, y la tierra estén en una linea recta: y á una distancia correspondiente: sino lo están, será parcial.

El círculo que ofrecen á nuestra vista el Sol y la Luna se llama disco: este se divide en doce partes iguales que se llaman digitos: asi en un eclipse parcial se cuentan los eclipsados diciendo: digitos eclipsados, tantos &c.

La Luna no deja de ser visible durante el tiempo de la eclipse.

Este fenómeno tiene por causa la refraccion, es decir, el desvio que sufren los rayos solares penetrando oblicuamente la atmósfera de la tierra: estos rayos aproximandose á su superficie pasan de un medio raro á un medio denso; por lo que cada instante se desvian, y están forzados á describir una curva cuya concavidad está vuelta hácia la tierra.

La sombra de la tierra no es pues una sombra perfecta, y de consiguiente la Luna no debe dejar de ser visible mientras dure el eclipse.

La luz que la ilumina es mas considerable en los eclipses apogeos que en los perigeos; porque los vapores y las nubes pueden debilitarla hasta el punto de hacernos la Luna del todo invisible durante el eclipse.

Eclipses del Sol.

ARTICULO ONCE. Los eclipses del Sol, tienen lugar cuando la Luna se halla entre el Sol y la tierra: en esta posicion intercepta en todos ó en parte los rayos del Sol, de modo que entonces tenemos mas ó menos oscuridad. Cuando este eclipse es total, se ven las estrellas como en la noche.

Si la conjuncion del Sol y de la Luna se hace en un nodo, y el diámetro aparente de la Luna supera al del Sol, el eclipse solar será total.

Si el diámetro aparente de la Luna es menor, el espectador terrestre verá un anillo luminoso formado por la parte del Sol que sobresale al borde de la luna, y el eclipse será anular, pero si la conjuncion de la Luna con el Sol no sucede en el nodo ó cerca de él, la Luna no podra quitar al espectador terrestre mas que una parte de la circunferencia del disco solar, y el eclipse será parcial.

Los eclipses solares no son visibles desde todos los puntos de la tierra en que se puede ver el Sol, y son tambien diferentes entre los lugares en que son visibles.

No sucede asi con los eclipses de la luna, que son iguales para todos los lugares en que la luna es visible en los tiempos en que suceden.

Esta diferencia entre los eclipses solares y lunares depende de que la luna en sus eclipses sufre una privacion de luz que debe ser sensible en todos los lugares, y de la misma manera, en la superficie de la tierra; al paso que en los eclipses del Sol, la luz con que brilla este astro no ofrece alteracion alguna, solo es interceptada por la Luna, y como este astro no intercepta la luz solar para todos los habitantes de la tierra, síguese que los eclipses solares no debe ser visibles en todos los puntos de su superficie.

LECCION LIX.

DE LOS FENÓMENOS, QUE DEPENDEN DEL MOVIMIENTO DEL SOL, DE LOS PLANETAS Y DE LA LUNA SOBRE SU EJE: FENÓMENOS, QUE SE REFIEREN Á LA SUPERFICIE DE LA TIERRA Y Á SUS DIFERENTES PARTES: FENÓMENOS PRODUCIDOS POR EL MOVIMIENTO DEL EJE DE LA TIERRA; COMETAS Y ESTRELLAS.

Fenómenos que dependen del movimiento del Sol, de los planetas y de la Luna sobre su eje.

ARTICULO DOCE. Se observan con frecuencia en la superficie del Sol manchas negras, cuyo número, figura, magnitud y situacion son muy variables.

Cualquiera que sea la naturaleza de estas manchas, su existencia no es equivocada, y nos ilustra sobre un fenómeno importante, cual es el del movimiento del Sol alrededor de su eje.

Si el Sol no sufriera este movimiento no presentaria sucesivamente toda su superficie hácia la tierra mas que una vez en el discurso de un año; y la observacion no interrumpida de estas manchas no nos permite dudar que el Sol presenta toda su superficie á los habitantes de la tierra en el intervalo de veinte y cinco dias y medio.

Marte, Júpiter y Venus, nos presentan iguales fenómenos.

Se observan en su superficie manchas que se mueven muy sensiblemente, lo que atestigua el movimiento de rotacion de estos planetas.

Mercurio, Saturno y Urano están situados de manera que sus manchas no son visibles, y de aqui la imposibilidad de observar el movimiento de rotacion de estos astros; pero la analogia, este fuerte vinculo que une todas las partes del universo, nos induce á creer que estos tres planetas tienen como los demas movimientos de rotacion.

La tierra gira tambien alrededor de su eje, y mientras

el espectador colocado en su superficie es transportado con ella, se cree en reposo pareciéndole movidos mas ó menos rápidamente todos los cuerpos celestes.

Deben, pues, todos los astros parecernos animados de un movimiento diurno, que les hace describir, en el mismo tiempo que la tierra hace su revolucion alrededor de su eje, círculos tanto mayores cuanto mas lejos están de los polos.

La linea recta que une los dos polos, y pasa por el centro de la tierra se llama eje del mundo.

El gran círculo de la esfera celeste perpendicular á este eje, se llama ecuador celeste.

Los círculos cuyo plano pasa por el eje de la tierra se llaman meridianos.

Estos pasan todos por los polos del mundo, y son perpendiculares al ecuador.

El arco de un meridiano cualquiera comprendido entre el ecuador y un astro se llama la declinacion del astro.

El ecuador parte la esfera celeste en dos hemisferios, en medio de los que estan los polos del mundo, los que estan por consiguiente igualmente distantes de todos los puntos del ecuador.

Los círculos que describen los polos de la ecliptica por su movimiento diurno alrededor de los polos del mundo se llaman círculos polares.

La Luna presenta al espectador terrestre un gran número de manchas invariable que los astrónomos han descrito con cuidado.

Estas nos manifiestan que la Luna presenta constantemente el mismo hemisferio á la tierra, de que es fácil concluir que gira sobre su eje con un movimiento de traslacion alrededor de la tierra.

Las manchas de la luna aunque invariables, parecen no obstante animadas de un ligero movimiento que hace que se vean aproximarse y alejarse alternativamente de sus bordes. Las que están mas cercanas al borde aparecen y desaparecen sucesivamente, haciendo oscilaciones periódicas que se llaman libracion de la luna.

Fenómenos que se refieren á la superficie de la tierra y á sus diferentes partes.

ARTÍCULO TRECE. Explicando los fenómenos celestes que han fijado hasta aquí nuestra atención, se ha considerado al observador agitado de los diferentes movimientos de que está realmente animado el globo de la tierra.

Le consideraremos ahora colocado en su superficie y transportado á diferentes puntos de ella.

Fenómenos que pertenecen generalmente á la superficie de la tierra.

El espectador colocado en la superficie de la tierra no vé mas que la mitad de los cielos.

El círculo que la esfera celeste separa la parte visible de la que no lo es, cuando los rayos no están interceptados por las desigualdades de la superficie de la tierra, se llama horizonte.

El plano de este círculo, toca á la tierra en el punto en que está situado el espectador.

El horizonte se divide en sensible y racional.

Se dice que los astros se levantan al salir sobre el horizonte; se dice que se ponen cuando desaparecen por debajo del horizonte.

El zenit de un espectador terrestre, es el punto de la bóveda celeste al que vá á parar su vertical, el punto diametralmente opuesto se llama nadir.

El zenit y nadir son los polos del horizonte.

La seccion del plano de un meridiano, que pasa por el espectador con el horizonte, se llama linea meridiana: esta pasa del norte al mediodia.

La parte del cielo en que vemos subir los astros sobre el horizonte, se llama parte oriental, la parte opuesta, en que estos mismos cuerpos bajan y se ponen debajo del horizonte, se llama parte occidental; estas dos partes estan separadas por la linea meridiana, que concebimos prolongada por uno y otro extremo hasta la bóveda celeste sobre el plano del horizonte,

El oriente es el punto en que termina en la esfera celeste una línea perpendicular á la meridiana, y que pasa por el lugar del espectador, tirada hácia la parte oriental; el punto diametralmente opuesto se llama occidente.

La amplitud de un astro es el arco del horizonte comprendido entre el punto de oriente, ó de occidente, y el punto en que sale ó se pone este astro.

La primera se llama oriental, la segunda occidental, una y otra son ó septentrional ó meridional.

Llamase altura de un astro, su elevacion encima del horizonte, la que se mide por el arco de un círculo perpendicular al horizonte, en el centro del cual se halla el espectador, comprendido entre el astro y el horizonte.

Paralaje.

Cuando los astros estan á una gran distancia, su altura no es sensiblemente diferente, sea que el observador esté en la superficie, sea que esté en el centro de la tierra; pero la diferencia de alturas es sensible cuando los astros no estan muy distantes; y esta es la diferencia, que se conoce bajo el nombre de paralaje.

La paralaje de un astro situado en el horizonte, se llama paralaje horizontal.

Conocida la paralaje horizontal de un astro, es facil conocer su distancia al centro de la tierra.

Los astrónomos para llegar á este conocimiento se sirven de diferentes medios: cuya esposicion nos haria pasar de los límites de nuestro objeto, pudiendo adquirirse toda la instruccion necesaria en las obras, que tratan de esta ciencia.

Fenómenos pertenecientes á las diferentes partes de la superficie de la tierra.

Cuanto dejamos manifestado; es relativo á la superficie del globo terrestre.

Pasemos á examinar sus diferentes partes, y para determinarlas, concibanse descritos sobre el globo terrestre los

círculos que se han imaginado en los cielos.

Estos círculos son el ecuador, los meridianos, los trópicos y los círculos polares.

El ecuador terrestre se halla en el mismo plano que el ecuador celeste, tiene por polos los polos de la tierra.

El meridiano de un lugar pasa por el lugar y por los polos de la tierra, sus polos son el oriente y occidente.

Los trópicos terrestres y los trópicos celestes se corresponden perfectamente sin estar en el mismo plano. Sucede lo mismo con los círculos polares terrestres comparados con los círculos polares celestes.

La latitud de un lugar es su distancia al ecuador; esta se mide por el arco del meridiano comprendido entre el lugar y el ecuador.

Para comparar las situaciones respectivas de diferentes lugares, es menester señalar los lugares sobre cada círculo de latitud; lo que se hace concibiendo un meridiano que pasa por algun lugar señalado, el cual por su seccion sobre todos los círculos de latitud, determina el punto desde el que se mide la distancia de los lugares.

Este meridiano tomado á voluntad se llama primer meridiano, y la distancia de un lugar á este círculo, medida sobre el círculo de latitud del lugar, se llama la longitud del lugar.

Los astrónomos acostumbran contar por el meridiano del lugar en que hacen sus observaciones.

La elevacion del polo encima del horizonte se llama altura del polo.

Si se supone el observador situado en el polo, su latitud es de 90 grados; luego la altura del polo es de 90 grados; y de consiguiente el ecuador se confunde con el horizonte: la esfera en esta posicion se llama paralela.

Si el observador marcha del polo al ecuador su latitud va siempre disminuyendo así como su altura del polo, y el eje del ecuador es tanto mas inclinado al horizonte cuanto mas el observador se aleja del polo: en esta posicion la esfera se llama oblicua.

Una vez el observador se halle en el ecuador su latitud es nula, y tambien su altura de polo. Los polos del

Ecuador están en el plano del horizonte: estos dos círculos se cortan bajo ángulos rectos, en esta posición la esfera se llama recta.

En las diferentes posiciones de esfera se ofrecen diferentes fenómenos á la vista del observador. Vamos á ver como estos resultan de la combinacion del movimiento diurno del Sol, con su movimiento anual en la eclíptica.

Desigualdad de los días.

En la vida civil se llama dia el intervalo de tiempo que pasa desde que sale el Sol hasta que se pone.

La noche es el tiempo durante el que el Sol está debajo del horizonte.

Se llama dia astronómico el tiempo que pasa desde el instante que el Sol sale del meridiano de un lugar hasta que vuelve en él. Este dia es mayor que la duracion de una revolucion del Cielo que forma el dia sideral.

Se divide el dia astronómico en veinte y cuatro partes iguales que se llaman horas. Cada una se divide en 60 minutos, cada minuto en 60 segundos, y asi sucesivamente.

La desigualdad de los dias astronómicos debe de necesidad producir variacion en diferentes dias en las partes que los componen.

Los astrónomos las reducen á igualdad, considerando el número de horas de una ó muchas revoluciones en la eclíptica, y dividiendo el tiempo total en tantas partes iguales cuantas horas hay de las que veinte y cuatro hacen un dia.

Se llama tiempo medio aquel cuyas partes se hacen iguales por este método y la reduccion se llama ecuacion del tiempo.

En la determinacion de los tiempos periódicos de los cuerpos celestes, siempre se trata de dias y horas de tiempo medio.

Siendo el Sol el astro mas fácil de observarse por nosotros, ha servido para dividir el tiempo en siglos, años, meses, semanas, dias, horas y minutos.

Un siglo es el tiempo que encierra el espacio de cien

años: un año el de doce meses: un mes el de cuatro semanas y algunos dias.

El número de meses de un año, son doce: que son Enero, tiene 31 dias: Febrero 28, y si el año es bisiesto 29: Marzo 31: Abril 30: Mayo 31: Junio 30: Julio 31: Agosto 31: Setiembre 30: Octubre 31: Noviembre 30; y Diciembre 31.

Se llaman años comunes los que tienen 365 dias, y bisiestos los de 366; y son cada cuatro años, formándose este dia de las horas, minutos y segundos de cada año de los que median de bisiesto á bisiesto; y se omiten tres dias en cuatrocientos años.

Una semana es el espacio de siete dias.

El dia natural es el tiempo que parece emplear el Sol en dar la vuelta alrededor de la tierra: y el dia civil es la duracion de 24 horas.

Los dias de la semana se nombran Domingo, Lunes, Mártes, Miércoles, Jueves, Viernes, y Sábado; nombres derivados de los de los planetas á los cuales antiguamente eran consagrados.

El Domingo era dedicado al Sol: el Lunes á la Luna: el Mártes á Marte, el Miércoles á Mercurio, el Jueves á Júpiter, el Viernes á Venus, y el Sábado á Saturno.

No todas las naciones cuentan por el mismo orden: los cristianos comienzan por el Domingo; los judíos por el Sábado, y los mahometanos por el Viernes.

Ademas de la division, que hemos dado al dia civil en noche y propriamente en dia, se divide tambien en cuatro partes que son la mañana, el medio dia, la tarde y la media noche.

Asi que el dia es el espacio de tiempo que media desde el salir el Sol hasta ponerse.

La noche, el espacio de tiempo que media desde que el Sol se pone hasta que sale.

La aurora es la luz que precede al salir el Sol, y el crepúsculo, la que hay despues de ponerse hasta ser enteramente de noche, como diremos estensamente en su lugar.

Diferencias de estaciones.

El día, propiamente tal, tiene doce horas; y la noche otras tantas. Los días no siempre son iguales, pues varían según las estaciones y la proximidad del Ecuador; y así ya es más largo, y ya es más corto, y lo mismo la noche.

La hora se divide en sesenta partes ó minutos, cada uno de los cuales se divide en sesenta segundos ó instantes.

Estación, es la división del año que se ha hecho en cuatro partes según los diferentes grados de calor.

Las estaciones son: primavera, estio, otoño é invierno.

La primavera principia en Madrid el 20 ó 21 de marzo: el estio el 20 ó 21 de junio: el otoño el 22 ó 23 de setiembre: y el invierno el 21 ó 22 de diciembre.

Equinocio se llama la época en que los días son iguales á las noches; son dos veces al año, á saber: el primer día de primavera y el primero de otoño, y así se llaman equinocio de primavera, y equinocio de otoño.

Se llama solsticio cada una de las dos épocas en las cuales parece que los días ni alargan ni acortan: hay dos solsticios: el solsticio de estio que es en los primeros días de esta estación, y el solsticio de invierno que es asimismo en los primeros días de esta estación.

Este nombre solsticio quiere decir estación del Sol, por que en esta época dicho astro no parece moverse ni hácia el mediodía, ni hácia el norte, y por consiguiente parece detenido.

En el solsticio del estio es el día más largo, y después principia á menguar; y en el solsticio de invierno es el día más corto, y en seguida principia á crecer.

Esta variación no es igual en todos los puntos de la tierra, varía según la situación del clima respecto al curso ó camino del Sol.

Hay países donde la noche en todo tiempo es de una misma duración. En otros en el estio es de una hora, y bajo los polos la noche dura seis meses y el día otros tantos.

En las regiones boreales llegan estas causas á su máximo cuando el Sol describe el trópico de Cáncer. En esta

epoca el calor no es el mayor, por que no es jamas el efecto de la accion instantánea del Sol. Este calor se compone de la suma de las acciones ejercidas sucesivamente y que la ausencia del Sol no ha destruido; así es que el calor diurno no está en su maximum al medio dia, aunque entonces la accion instantánea del Sol sea la mayor; de que se sigue que el calor debe ser mas considerable, cuando el Sol baja del trópico de cancer al ecuador, que cuando sube del ecuador al mismo trópico. Puedense aplicar las mismas razones, que se han dado para el aumento de calor á la disminucion del frio. El frio mas intenso no es el que se siente, cuando la accion instantánea del Sol está en su minimum. Este debe aumentar durante todo el tiempo que la suma de sus acciones continuadas por largo tiempo disminuye, tal es pues la marcha constante de las estaciones. La primavera empieza cuando el sol parece en el primer punto de Aries. En el principio del Estio el sol se halla en el trópico de Cancer. La aparicion de este astro en el primer punto de Libra anuncia el principio del otoño; cuando este astro llega al trópico de Capricornio empieza el invierno. En las regiones meridionales, el Estio empieza con el invierno, la primavera con el Otoño.

Las causas generales que han dado origen á esta division de estaciones son á menudo turbadas por causas locales, particularmente en las regiones situadas entre los trópicos.

En la mayor parte de estos lugares no se observan mas que dos estaciones, el verano y el invierno, y estas no se distinguen mas que por la sequedad y la humedad.

La aproximacion del Sol al zenit de algun lugar es señalada por continuadas lluvias, que disminuyen el calor, se toma este tiempo por el invierno.

Cuando el Sol se aleja del zenit disminuye la humedad, y se toma este tiempo por el verano.

El Sol pasa dos veces cada año por el zenit de los pueblos que están debajo del Ecuador; y así es que estos pueblos tienen dos veranos y dos inviernos.

No sucede así con los que están situados hácia los trópicos. Aunque el Sol pase dos veces por su zenit, como me-

día muy poco tiempo entre estos dos pasos, se confunden los dos inviernos, y no se notan mas que dos estaciones.

Crepúsculos.

El día se manifiesta por la presencia del Sol sobre el horizonte.

Desde el momento que este astro deja de sernos visible, acaba el día; pero al acabar no deja los habitantes de la tierra sumergidos súbitamente en una profunda noche.

Después de haberse puesto, y antes de salir el Sol, se goza de una luz mas ó menos viva, que se llama luz crepuscular.

La duracion de los crepúsculos no debe ser igual para todos los habitantes de la tierra, ni tampoco para el habitante de un mismo punto en diferentes estaciones.

Para los pueblos que tienen la esfera recta, en el tiempo de los equinoccios, el crepúsculo dura una hora y doce minutos.

La duracion del crepúsculo aumenta en seguida á medida que el Sol adelanta hácia el trópico.

Durante el estío la duracion de los crepúsculos para los pueblos que tienen la esfera oblícua, es tanto mas larga cuanto mayor es su latitud.

El crepúsculo debe empezar á hacerse percibir por los habitantes de los polos cerca de dos meses antes que el Sol se vea en el horizonte, y debe tambien durar otro tanto tiempo después de haberse puesto el Sol para ellos.

El Ecuador se confunde con el horizonte para estos pueblos; por lo que el crepúsculo debe durar tanto tiempo como el Sol emplea para alejarse del Ecuador 18 grados; esto es, cerca de dos meses.

De lo que se deduce que los habitantes de los polos no tienen mas que dos meses en un año de noche profunda: y aun en este tiempo la Luna aparece dos veces encima del horizonte, siendo el tiempo de su presencia cerca de catorce días cada vez.

Fenómenos producidos por el movimiento del eje de la tierra.

ARTICULO CATORCE. El eje de la tierra está agitado de un ligero movimiento retrógrado, el que sin turbar su paralelismo, ni de consiguiente su inclinacion con el plano de la eclíptica; hace describir á sus estremidades, esto es, á los polos del mundo, círculos de Oriente á Occidente alrededor de los polos de la eclíptica.

El espectador terrestre creyéndose inmóvil con el globo que habita, refiere este movimiento á los cuerpos celestes, de esto depende que mientras que los polos del mundo se mueven por un movimiento retrógrado alrededor de los polos de la eclíptica, y pasa sucesivamente por todos los puntos distantes de estos polos 23 grados; 29 minutos, los mismos puntos, ó mejor las estrellas que en ellos se hallan, parecen aproximarse sucesivamente á los polos del mundo, y describir por un movimiento directo círculos que describen realmente los polos del mundo alrededor de los polos de la eclíptica.

Todas las demas estrellas parece que tienen un movimiento semejante, por conservar entre sí una posicion constante.

Esta es la razon porque la esfera entera de las estrellas parece moverse alrededor del eje de la tierra que pasa por los polos de la eclíptica, y de consiguiente todas parecen animadas de un movimiento directo, que sin alterar su latitud les hace describir círculos paralelos á la eclíptica.

El plano del Ecuador forma con el eje de la tierra un ángulo recto: de que se sigue que el movimiento de este eje hace girar la interseccion del plano del Ecuador con el de la eclíptica; y de consiguiente que los primeros puntos de Aries y Libra, que están siempre opuestos describen la eclíptica entera por un movimiento retrógrado.

Este transporte del primer punto de Aries y de Libra, hace que el Sol, cuando se ha apartado de uno de estos puntos vuelva á él antes que haya acabado su revolucion por

la eclíptica; y esta vuelta antieipada del Sol dá origen á un fenómeno conocido bajo el nombre de precesion de equinoccios.

Llámanse precesion de los equinoccios la mutacion de cerca de 50 segundos, 20 terceros de grado por año, observada en las longitudes de todas las estrellas fijas.

Este movimiento general de las estrellas fijas en longitud no es real, y si solo aparente, cuya apariencia proviene de la retrogradacion de los puntos equinocciales, es decir, de los dos puntos en que corta el Ecuador á la eclíptica.

Pretenden algunos que esta retrogradacion se produce por la atraccion del Sol y de la Luna sobre la esferoide achatada de la tierra; por cuya atraccion el eje de la tierra ó los polos del Ecuador terrestre, corren con un movimiento retrógrado, ó de Oriente á Occidente, alrededor de los polos de la eclíptica, un círculo cuyo diámetro es de cerca de 47 grados.

Cometas.

ARTICULO QUINCE. Los cometas son unos cuerpos celestes, que imperceptibles al principio, aumentan luego de dimensiones y de velocidad, disminuyen en seguida, y en fin desaparecen á nuestra vista.

En los siglos de la ignorancia se miraban estos astros como unos meteoros espantosos que nacian en la atmósfera: en el dia se reunen la analogía y la observacion para convencernos de que los cometas son unos cuerpos opacos como los planetas, que se mueven en unas órbitas eclípticas muy escéntricas, ocupando el Sol uno de sus focos: de esto proviene que estos astros no son visibles sino hácia su perihelio.

Partiendo de este punto, la claridad ó luz reflectada que ellos derraman, disminuye progresivamente y al fin acaba estinguiéndose enteramente.

El calor que la influencia de los rayos solares hace sentir á los cometas, disminuye tambien á medida que caminan hácia su afelio, en el que se estingue del todo. Enton-

cés el frío escésivo que experimentan, debe congelar unas materias que vuelven á tomar el estado de vapores cuando estos astros se encuentran cerca de su perihelio. Estos vapores son los que forman la nebulosidad de que parece estar casi siempre rodeados los cometas; y cuando estos vapores se elevan á una grande altura, esta rarefaccion combinada, ya con la impulsión de los rayos solares, y ya con la disolucion de estos mismos vapores en el fluido que nos reflecta la luz zodiacal, produce esas largas colas que parecen acompañar á los cometas.

Los cometas no se mueven todos de occidente á oriente como los planetas. Los unos tienen un movimiento directo; otros tienen un movimiento retrógrado. Las inclinaciones de sus órbitas no están encerradas en los estrechos límites que embarazan las de los planetas: varían hasta lo infinito, pues las de algunos son casi perpendiculares á la eclíptica.

Si los elementos de la órbita de un cometa que aparece, son los mismos que los de otro ya observado, se puede concluir que es siempre el mismo cometa, y preveer ó conocer su vuelta.

Todos ellos parecen giran como los demas astros por el efecto del movimiento diurno; mas tienen tambien igualmente que los planetas un movimiento propio por el que sucesivamente corresponden á diferentes estrellas fijas.

Estrellas.

ARTICULO DIEZ Y SEIS. Las estrellas son unos cuerpos luminosos por si mismos; pero se presume por analogía pueden serlo de otros tantos sistemas planetarios mayores quizá que el nuestro.

Así es como deben considerarse esos astros que brillan por las noches con luz propia.

Se distinguen de los planetas en la vivacidad de su brillo, y en que ocupan un lugar invariable en el firmamento.

En una hermosa noche nos imaginamos ver millones de estrellas: no obstante en el Cielo mas despejado y ba-

jó el Ecuador en donde se descubre la mitad de la bóveda celeste, la vista mas perspicáz no puede percibir sin telescopio mas que mil y ciento ó dos mil en todo el Cielo: sin embargo es cierto que son innumerables y que en vano se intentaria el calcularlas.

La pequeñez del diámetro aparente de las estrellas prueba que están á mucha mayor distancia de nosotros que los planetas, y esta opinion se fortalece mas y mas atendiendo á que su paralaje es insensible.

Las estrellas comparadas entre sí, nos parecen de diversas magnitudes; y esto hace que se las divida en diez clases (los antiguos la dividian en seis.) Las mas brillantes se llaman estrellas de primera magnitud, las otras de segunda, tercera, &c.

Herschell las ha clasificado en ocho clases: 1ª Estrellas aisladas. 2ª Estrellas dobles. 3ª Estrellas triples, cuádruplas, quintuplas y multiplicadas. 4ª Montones de estrellas, ó de la via lactea. 5ª Grupos de estrellas. 6ª Pelotonas de estrellas. 7ª Nebulosidades, y 8ª Estrellas de aureolas.

Los astrónomos han dividido todas las que pueden percibirse en grupos que se llaman constelaciones, llamándose meridionales las que están hácia el Medio-día y Septentrionales las que están hácia la parte del Norte.

Los antiguos solo conocian doce de estas constelaciones que son los signos del Zodiaco: las otras han sido formadas sucesivamente y algunas de muy poco tiempo á esta parte. Todos estos grupos de estrellas figuran ya un animal, ya una ave &c.

Llamamos Zodiaco un círculo que está guarnecido de una banda que es el camino que parece anda el Sol en su carrera anual, en la cual están puestas las constelaciones siguientes.

Los tres signos de primavera que son Aries, ó el carnero: Taurus, ó el toro; Geminis, ó los gemelos. Los del estío son: Cancer, ó el cangrejo: Leon, virgo; ó la virgen. Los del otoño son: Libra, ó la balanza: Escorpion: Sagitario. Y los del invierno son: Capricornio: Acuario; y Picis ó los peces.

Estos signos han dado sus nombres á las doce partes de la eclíptica, de la que ya hemos tratado.

Se observa ademas en el cielo una luz blanca de figura irregular que circuye el cielo en forma de cintura, su color le ha hecho dar el nombre de via lactea.

Las observaciones hechas con el auxilio del Telescopio, han hecho descubrir en ella un tal número de pequeñas estrellas, que es muy probable que la via lactea, no es otra cosa, que la reunion de estas estrellas, las que nos parecen bastantes aproximadas entre si para formar una luz continua.

Diversas partes del cielo presentan tambien al auxilio del telescopio pequeñas manchas blancas que parecen ser de la misma naturaleza que la via lactea.

Ciertas estrellas se llaman variantes, por que brillan con una luz cuya intensidad experimenta variaciones periódicas. Se han visto algunas manifestarse subitamente y desvanecerse en seguida despues de haber resplandecido con una luz muy brillante.

LECCION LX Y ÚLTIMA.

DE LAS CAUSAS FISICAS DE LOS MOVIMIENTOS

DE LOS CUERPOS CELESTES: LEYES QUE SIGUEN EN SU GRAVEDAD:

MOVIMIENTO DE LA TIERRA: MASAS DE LOS PLANETAS, SUS DISTANCIAS, PESADEZ Ó GRAVEDAD EN SU SUPERFICIE: SUS FIGURAS: MOVIMIENTO DE LA LUNA: DE LA PRECESION DE LOS

EQUINOCCIOS Y MUTACION DEL EJE DE LA TIERRA.

Flujo y Reflujo.

Aplicaciones de los fenómenos celestes á la Medicina, Artes, &c.

Causas fisicas de los movimientos celestes. Leyes de la gravedad.

ARTICULO DIEZ Y SIETE. Despues de haber espuesto los

móvimientos de los cuerpos celestes y los fenómenos á que dan origen, importa manifestar por qué leyes se ejecutan.

Una sola ley añadida á las que se han establecido explicando los fenómenos de la inercia, bastará para despejar el mecanismo del sistema planetario.

Esta ley consiste en que todos los cuerpos tienden los unos hácia los otros por una fuerza, que crece en razon directa de las masas é inversa del cuadrado de las distancias.

Es en efecto una ley general de la naturaleza, que la reaccion es igual y contraria á la accion; de que se sigue que los planetas y los cometas obran contra el Sol, y le comunican una tendencia hácia ellos.

Es pues cierto que todos los cuerpos celestes tienden reciprocamente los unos hácia los otros: pero esta tendencia ó mas bien la fuerza atractiva que la produce, no pertenece solo á su masa, sino que está repartida entre todas sus moléculas.

Si el Sol no obrara sino contra el centro de la tierra, sin atraer particularmente cada una de sus partes, las oscilaciones de las aguas del oceano serian incomparablemente mayores y muy diferentes del espectáculo que ahora nos presentan.

La tendencia de la tierra hácia el Sol es pues el resultado de la suma de las atracciones ejercidas sobre cada una de sus moléculas, las que tambien atraen al Sol en razon de sus masas respectivas.

Ademas todos los cuerpos en la tierra estan atraidos hácia su centro proporcionalmente á su masa; luego el envia su reaccion sobre ella, y la atrae segun la misma proporcion.

Si esto no fuera así, ni todas las partes de la tierra gravitaran las unas contra las otras, el centro de gravedad de la tierra, moviendose por un movimiento siempre acelerado, iria á perderse en la inmensidad del espacio mas allá de los límites del universo.

Para establecer la lei de la atraccion se han considerado los centros de los cuerpos, aunque la gravedad sea propia de cada una de las moléculas; porque en esferas ó en esferoides que se diferencien poco de aquellas, la atrac-

cion de las moléculas mas distantes del punto atraído, y la de las moléculas mas vecinas, se compensan de manera que la atraccion total es la misma que si estas moléculas estuviesen reunidas en su centro de gravedad.

Los principios establecidos, se estienden á todos los planetas y nos facilitan el resolver unas cuestiones, que á primera vista parecen incomprensibles.

Movimiento de la tierra.

ARTICULO DIEZ Y OCHO. Las apariencias celestes son las mismas, sea que el Sol acompañado de los planetas y de los satélites gire alrededor de la tierra, sea que la tierra lo mismo que los planetas se mueva alrededor del Sol. Esta perfecta conformidad en las apariencias ha dado origen á dudas, que es menester destruir, sobre la realidad del movimiento de la tierra.

La simplicidad de las leyes de la naturaleza atestiguan el movimiento de traslacion de la tierra.

Si el centro del Sol coincidiese con el de la tierra, su volumen abrasaria la órbita de la Luna, y se estenderia una vez mas lejos: de que se sigue que el volumen de la tierra es incomparablemente menor que el del Sol y de muchos planetas.

Asi pues mas simple es que la tierra gire alrededor del Sol, que hacer mover alrededor de ella todo el sistema planetario. La inmovilidad de la tierra llevaria consigo de necesidad una complicacion en los movimientos celestes, y una rapidez que su movimiento alrededor del Sol desvanece facilmente.

Si la tierra gira con Mercurio, Venus, Júpiter, Saturno y Urano constantemente en el sistema planetario, los pequeños cuerpos giran alrededor de los grandes que les estan inmediatos; pero si la tierra es inmovil, esta ley tiene una escepcion en el Sol, el que aunque superior en masa circula alrededor de la tierra.

El examen detenido de las leyes de la naturaleza demuestra perfectamente la realidad del movimiento de traslacion de la tierra.

La tierra y el Sol tienden recíprocamente el uno hácia el otro con fuerza iguales, á causa de la reaccion igual y contraria á la accion: luego sus velocidades son en razon recíproca de sus masas; y como la masa de la tierra es casi nula, relativamente á la del Sol, se sigue que el Sol, debe moverse muy lentamente mientras la tierra está animada de un movimiento muy violento, que la arrastraria hácia este astro, sino no girara alrededor de él.

Se puede invocar á favor del movimiento de rotacion de la tierra, pruebas análogas á las que han servido para establecer su movimiento de traslacion.

La masa de la tierra es incomparablemente menor que la del Sol. ¿No es infinitamente mas simple suponer en la tierra un movimiento de rotacion sobre su eje, que imaginar en una masa tan enorme y tan distante como el Sol, el movimiento estremadamente rapido, que seria preciso para girar en un dia alrededor de la tierra? ¿Que fuerza tan inmensa seria precisa para contrarrestar en este caso la fuerza centrifuga? Cada astro presenta iguales inconvenientes, y que solo la rotacion de la tierra pueda disiparlos.

El polo de la tierra parece que se mueve lentamente alrededor de los polos de la ecliptica, cuyo movimiento dá origen al fenómeno de la precesion de los equinoccios.

Si la tierra es inmovil su polo está sin movimiento: la ecliptica debe pues moverse sobre sus polos, y con este movimiento llevarse tras si todos los astros. Luego el sistema entero de tantos cuerpos y tan diferentes en sus magnitudes, movimiento y distancia, estaria sujeto á un movimiento general, que facilmente se desvanece con el movimiento del eje de la tierra alrededor de los polos de la ecliptica.

Un navegante se cree al principio inmovil con el bajel que le sostiene, pareciendole que todos los objetos esteriores estan en movimiento.

Pocos instantes de reflexion sobre la pequenez del barco comparada con la inmensidad de la costa y llanuras, le hacen conocer que el movimiento de todos los objetos esteriores, no es mas que aparente al que ha dado origén su movimiento real.

Llevado por un movimiento comun á todos los cuerpos terrestres , ¿no nos hallamos por ventura en el caso del piloto llevado por el navio? Los astros dispersos por el espacio son á nuestra vista lo que los montes y llanuras para el que navega; y los mismos motivos que le conducen á creer que el se mueve realmente nos atestiguan la realidad del movimiento de la tierra.

Todos los planetas sobre los que se pueden hacer observaciones, con relacion al movimiento de la tierra, tienen un movimiento de rotacion; ¿y no será natural pensar que la tierra tiene un igual movimiento?

El movimiento de traslacion y el de rotacion de la tierra no son movimientos distintos producidos por impulsos diferentes; resultan de un solo movimiento imprimido en la tierra que sigue una direccion que no pasa por su centro de gravedad. En virtud de este movimiento, gira á un tiempo alrededor del Sol y de su eje.

Masas de los planetas, sus distancias y de la pesadez ó gravedad en su superficie.

ARTICULO DIEZ Y NUEVE. Se ha demostrado que las fuerzas centrales de dos cuerpos movidos circularmente estan en razon compuesta de las masas, de las distancias del centro y de la inversa de los cuadrados de los tiempos periódicos.

Aplicando este resultado á los planetas que tienen satélites, es fácil hallar el valor de sus masas, porque se conocen los rádios de las órbitas de los satélites, y tambien la duracion de sus revoluciones siderales ó sus tiempos periódicos.

En cuanto á los planetas que no tienen satélites, es preciso, para determinar el valor de sus masas, valerse de medios que no siendo del resorte de la fisica elemental, no pueden tener lugar en estos elementos, y sí en las obras de astronomía.

Las densidades de los cuerpos están en razon directa de las masas, ó inversa de los volúmenes; y cuando los cuerpos son casi esféricos, los volúmenes son como los cubos de sus rádios, de que resulta que las densidades son enton-

ces como las masas divididas por los cubos de los rádios.

Practicando estas divisiones se hallan los números siguientes, que espresan las densidades de la tierra, de Júpiter, de Saturno, y de Urano, tomando por unidad la densidad media del Sol.

El Sol.	1.
La Tierra.	3,9393.
Júpiter.	0,8601.
Saturno.	0,4951.
Urano.	1,1376.

Estos resultados nos manifiestan que los planetas mas vecinos del Sol son tambien los mas densos, lo que les pone en estado de resistir    la grande actividad del calor solar.

Para tener la intensidad de la gravedad    pesadéz en la superficie del Sol y planetas, es menester notar que si Júpiter y la tierra fueran perfectamente esféricos, y sin movimiento de rotacion, las pesadeces en el Ecuador serian proporcionales á las masas de los cuerpos divididas por los cuadrados de sus diámetros; porque en estos cuerpos las distancias del centro son como los diámetros; pero en la distancia media del Sol    la tierra, el diámetro del Ecuador de Júpiter es 626,26 segundos, y el del Ecuador de la tierra de 54,5 segundos, de que resulta que representando por la unidad el peso de un cuerpo en el Ecuador terrestre, el peso de este cuerpo trasportado al Ecuador de Júpiter seria 2,509; pero es menester disminuir este peso de cerca una novena parte por razon de los efectos de la fuerza centrífuga que se origina de la rotacion de los planetas. El mismo cuerpo pesaria 27,65 en el Ecuador del Sol, y los cuerpos correrian en él cerca de 300 pies en el primer minuto segundo de su caída.

Figuras de los planetas.

ARTICULO VEINTE. Si los planetas fueran fluidos y sin movimiento de rotacion, la atraccion igual y recíproca de todas sus moléculas produciria la figura esférica.

A causa de que una columna mas elevada pesaria mas sobre el centro, elevaria por su peso las columnas mas cortas, bajaria ella con la misma proporcion, hasta que teniendo todas las columnas la misma altura se contrabalan-
cerian la una á la otra por su igualdad de peso.

Esta figura esférica de los planetas no muda por su movimiento de traslacion alrededor del Sol, porque moviéndose todas sus moléculas de la misma manera, su relacion de situacion no varia: pero por el movimiento de rotacion, la figura esférica sufre una alteracion tanto mayor quanto el movimiento es mas rapido.

Por el movimiento de rotacion todas las moléculas adquieren una fuerza centrífuga opuesta á la pesantéz; siendo la pesantéz la misma á igual distancia del centro, y sobre todos los puntos de la misma superficie esférica, la figura de los planetas no esperimentaria ninguna variacion, si la fuerza centrífuga fuera la misma á iguales distancias del centro; pero como el Ecuador de los planetas tengan mayor velocidad que los otros círculos paralelos, sino tambien mayor fuerza centrífuga en razon de la mayor longitud de su rádio.

La pesantéz de las moléculas que componen la masa de los planetas, sufre, pues, bajo este doble respecto, por la fuerza centrífuga una disminucion mayor en el Ecuador que en los polos y demas círculos paralelos; y de consiguiente las demas columnas, las de los polos principalmente, pesando mas contra el centro que la del Ecuador, deben elevar continuamente esta columna, y sufrir ellas una depression hasta que la mayor altura en el Ecuador compense el exceso de pesantéz en los polos; de que resulta que los planetas deben tomar la figura de una esferoide complanada en los polos.

La teoria corresponde en esto con las observaciones hechas sobre la tierra para determinar su figura. Todas concurren á manifestar un aumento de los grados de los meridianos del Ecuador á los polos, y de consiguiente un aplamamiento en las partes polares.

Movimiento de la Luna.

ARTÍCULO VEINTE Y UNO. Si la Luna no gravitará mas que hácia la tierra describiria una elipse alrededor de este planeta; pero la Luna gravita al mismo tiempo hácia el Sol, quien atrae tambien poderosamente la tierra. Cualquiera que fuera la intensidad de su accion, si siempre fuera la misma y dirigida segun líneas paralelas, se emplearia esclusivamente en producir los movimientos anuos de la Luna y de la tierra alrededor del Sol, y el movimiento de la Luna alrededor de la tierra en nada se alteraria, porque los movimientos comunes no alteran de manera alguna los movimientos particulares.

La luna gira, como todo planeta, á cierta distancia del Sol, porque es arrastrada por la tierra, que anualmente describe la órbita de que hemos hablado; pero al mismo tiempo dá vueltas á la tierra, con las que forma una curva parecida á la que la tierra describe cada año en torno del Sol. Aunque son semejantes estos caminos, que hacen los dos planetas, no tienen ambos la misma estension, porque la tierra se halla mucho mas lejos del Sol que la Luna de la tierra, yasi la velocidad de la luna debe ser mayor; y se percibe que lo será tanto mas, cuantas mas revoluciones haga mientras que la tierra concluye una. Se sabe que al año dá la Luna mas de doce bueltas, esto es, se vé que al año está doce veces llena, menguante, nueva y creciente, y así se infiere que aquel número de veces se halla en los diversos puntos de la órbita que describe.

Esta misma desigualdad en los movimientos de los planetas hace que unas veces la Luna preceda á la tierra, y otras al contrario que esta vaya delante.

Si nos figuramos la tierra á cierta distancia del Sol, y alrededor de ella la órbita de la Luna, inclinada unos cinco grados á la eclíptica, conocerémos que, siendo la Luna un cuerpo opaco, unas veces tendrá hácia la tierra su parte iluminada por el Sol, y otras al contrario, mirará á nosotros la oscura, y aun se concibe que entre estos dos

puntos estrēmos de ver un hemisferio de Luna iluminado, y no verle absolutamente, ó verle oscuro, han de encontrarse unos parages de la órbita, que distando igualmente de estos estremos, participan de uno y otro, esto es, ha de haber unos lugares en que la Luna nos presente la mitad del hemisferio que vemos iluminado, y la mitad oscuro.

La distinta velocidad que tiene la Luna en su órbita hace que no diste siempre del Sol la misma cantidad en tiempo, y de esto dimana que unas veces vá tres cuartos de hora despues de él, y otras menos; y así cuando se halla en oposicion, sale precisamente al mismo punto que el Sol se pone, y como nos hallamos entre estos dos astros vemos toda aquella parte de la Luna que el Sol ilumina: cuando la Luna está en conjuncion sale con el Sol, y se pierde en su luz, estamos sin que nos alumbre, y al cabo de seis ú ocho dias que se halla 90° distante del novilunio, se nos presenta con su cuarta parte iluminada: esto depende de que la Luna adelanta al Sol en el movimiento de Occidente á Oriente unos doce girados, los cuales vienen á corresponder á los $\frac{3}{4}$ de hora que con corta diferencia tarda la Luna mas que el dia anterior en pasar por el Meridiano.

Fenómenos de la precesion de los equinoccios y de la mutacion del eje de la tierra.

ARTICULO VEINTE Y DOS. Si la tierra fuera perfectamente esférica, la atraccion que el Sol y la Luna ejercen contra este planeta influiria esclusivamente sobre el movimiento de su centro, y no produciria variacion alguna en la posicion de su eje. Pero por ser de figura esferoidal cuyo pequeño eje pasa por los polos, si se concibe en esta esferoide una esfera inscrita, cuyo eje sea el pequeño de la esferoide, la tierra estará formada de este nucleo esférico, y ademas de una capa que cubre este nucleo cual vá aumentando su espesor de los polos al Ecuáador. Pero su accion sobre la capa que rodea al nucleo muda de la posicion del plano del Ecuáador á la ecliptica.

La Luna obra tambien sobre la capa que rodea al nu-

cleo esférico de la tierra, y tiende de consiguiente á hacer retrogradar sobre el plano de la órbita lunar, la interseccion de este plano con el del Ecuador, sin mudar sensiblemente la inclinacion de estos dos planos.

Aunque decimos que mientras se mueve la línea de los equinoccios conserva el eje de la tierra su paralelismo, esto no es tan exacto que no varíe algo su inclinacion á la eclíptica, unas veces en mas, y otras en menos, llegando dicha variedad hasta cerca de 18", y así estas oscilaciones forman lo que se llama mutacion del eje de la tierra, cuyo fenómeno observa un periodo de 18 años, igual al de los nudos de la Luna, y dependiente de él.

Tambien la línea de los equinoccios oscila, variando algo su inclinacion á la eclíptica, y observa en el periodo de estas desigualdades el mismo tiempo que la mutacion.

Este fenómeno se conoce con el nombre de equacion de la precesion de los equinoccios.

Flujo y Reflujo.

ARTICULO VEINTE Y TRES. Se llama flujo y reflujo un movimiento periódico y regular de elevacion y baja alternativa, que se observa en las aguas del Occéano y de los grandes mares.

Las aguas durante el tiempo de cerca de seis horas se elevan y estienden sobre la ribera ú orillas del mar, á lo que se llama flujo: en este estado permanecen en reposo algunos minutos, despues de lo cual vuelven á bajar durante otras seis horas, lo que forma el reflujo, y despues principian á elevarse de nuevo, y así sucesivamente.

Tambien se dá el nombre de marea al flujo y reflujo; y se llama alta mar el momento en que acaba el flujo, y baja mar en el que fenece el reflujo.

Las aguas del mar tienen una movilidad que les hace ceder á las mas ligeras impresiones; el Occéano está abierto por todas partes y los grandes mares se comunican entre sí: estas circunstancias contribuyen á la produccion de las mareas, las que reconocen principalmente por causas la accion combinada del Sol y de la Luna.

El efecto de la atraccion de que hemos tratado explicando las causas fisicas del movimiento de los cuerpos celestes, pareceria increíble sino hubiese en la tierra fenómenos tan sensibls que no dejasen duda alguna de su existencia.

Las mareas, este aumento y disminucion que se verifica dos veces cada dia en la altura de las aguas de tantos puertos, que se nota con especialidad dos veces al mes, y que varia aun segun la distancia de la Luna á la tierra, y el lugar de la Luna en su órbita; las mareas, fenómeno conocido de todos, son el efecto de la atraccion.

Esta fuerza universal, á que se sujetan todos los cuerpos del sistema planetario, y que ejercen unos astros en otros, es una prueba irrefragable del influjo de la Luna en los cuerpos terrestres, que no puede negarse ni aun por aquellos que solo creen lo que tocan con sus manos.

El Sol y la Luna ejercen su fuerza atractiva sobre la tierra, y esta reciprocamente sobre ambos astros. La distinta cantidad de masa en estos planetas persuade á primera vista, que si las mareas dimanen de la atraccion, el Sol deberá tener en ellas la principal parte; pero si se considera la disminucion que ha de padecer su fuerza por causa de la distancia, se conocerá que sin embargo de la gran diferencia que hay entre las masas del Sol y la Luna, esta tiene mas fuerza para causar las mareas en la tierra, y efectivamente así lo confirma la esperiencia.

Para concebir como suceden las mareas, figuremonos que el Sol y la Luna estan en un mismo punto del zodiaco, y atrayendo ambos astros en una misma direccion á la tierra atraerán con mas fuerza á las aguas que al centro de nuestro planeta; por consiguiente la fuerza con que las aguas gravitan se disminuirá en aquella direccion en que ejercen su accion el Sol y la Luna; no gravitarán estas aguas hacia el centro con la misma fuerza que las que se apartan de esta direccion, y así las de los lados las oprimirán é irán á ocupar su lugar: habrá una acumulacion de aguas en la direccion de la fuerza del Sol y de la Luna, y por tanto un flujo.

Pero al paso que se aumenta la altura de las aguas en este paraje, se disminuirá en aquellos que se hallen mas.

distantes de los puntos en que se ejerce dicha fuerza como es á 90° de ellos, y en estos habrá un verdadero reflujo.

Parece por lo dicho que solo el hemisferio terrestre, que está en el cono luminoso que tiene por cúspide á dichos astros, se sujeta á la alternativa del flujo y reflujo; pero no es así: el hemisferio opuesto por la misma causa padece igual variacion. El centro de la tierra es mas atraído del Sol y de la Luna que las aguas; estas padecen un decremento en su gravedad, y por tanto hay aquella misma concurrencia ó acumulacion de ellas en aquel paraje que el que hubo en el punto opuesto.

Se deduce de lo espuesto: 1.º Que por la accion de la Luna se formarán sobre la tierra dos promontorios de agua, el uno en la parte de aquel astro, y el otro en el lado opuesto, lo que dará á la mar la figura de una esferoide prolongada cuyo grande eje pasara por los centro de la Luna y de la tierra; 2.º que se hallará alta bajo la Luna, y la baja á los 90 grados de este astro; segun queda manifestado.

Considerarémos ahora la accion del Sol cual suponemos tambien en el plano del ecuador: es claro que debe producir en el oceano una agitacion semejante á la que resulta de la accion de la Luna, de manera que el agua debe elevarse y bajar dos veces cada dia solar, pero con motivo de la inmensa distancia del Sol esta agitacion es mucho menor que la que se efectúa por la accion de la Luna, aunque esté sujeta á las mismas leyes.

Las oscilaciones de las aguas que dependen de la accion del Sol se confunden con las que proceden de la de la Luna.

La accion del Sol solo varia el flujo y reflujo lunar de la mar, lo que sucede todos los dias, por la desigualdad del dia solar comparado con el lunar.

Las mayores mareas suceden en los novilunios y plenilunios; y las menores en el primero y segundo cuarto de la Luna. Pero la mas alta marea no sucede ni debe suceder precisamente el dia de novilunio y plenilunio, sino dos ó tres dias despues; por que el movimiento adquirido no está subitamente destruido; y este movimiento aumenta la elevacion de las aguas, aunque la accion instantanea del Sol se haya realmente disminuido.

Estas leyes de flujo y reflujo convendrian perfectamente con los fenómenos, si las aguas del mar cubrieran toda la superficie de la tierra: esto no es así, de que resultan anomalías, no en mar grande, por que el oceano tiene bastante estension para experimentar las oscilaciones de que se ha hablado; pero la situacion de riberas, los estrechos y muchas otras circunstancias que dependen de la posicion particular de los lugares, ocasionan variaciones á la regla general; pero exactas y multiplicadas observaciones no nos permiten dudar que el flujo y reflujo está sujeto á las leyes que se acaban de esponer.

Aplicaciones de los fenómenos celestes á la medicina, artes &c.

ARTICULO VEINTE Y CUATRO. La influencia de todos los fenómenos celestes, tan variados y numerosos, que dejamos espuestos, sobre la tierra en general, y particularmente en la economia animal, reino vegetal, y formacion de las varias substancias, que dan origen á las diferentes capas de la tierra, es de tal naturaleza, que ningun fisico, ni naturalista podrá dudar.

Así que seria apartarnos de nuestro objeto primitivo, el tratar con estension todos los fenómenos, que el influjo de los astros, ó sistema planetario producen en la superficie de la tierra.

Por lo que solo haremos mérito de los mas principales, y que se dirijen esencialmente á la medicina, agricultura &c. &c.

La mayor ó menor intensidad de calor y frio que ha producido la division de la tierra en zonas, y la diversa mansion del Sol sobre el horizonte, podrian servirnos para hacer algunas conjeturas sobre la influencia que puede tener en las funciones del cuerpo y del espíritu el vivir en un clima mas ó menos cercano á los países en que el Sol pasa por el zenit; pues que el diverso grado de calor no puede menos de alterar y modificar la atmósfera de diverso modo: que la mayor evaporacion, la expansion de los fluidos y sólidos, las distintas cualidades de los vegetales, el progreso de la putrefaccion &c. han de alterar la constitu-

cion fisica del cuerpo humano; y si es así, ¿el alma que recibe las sensaciones por medio de los organos del cuerpo, no percibirá tambien las modificaciones que padece este? ¿No nos convencen las alteraciones estremas del cuerpo en las enfermedades? ¿No hay enfermos que no se acuerdan de lo que les pasa en las accesiones de su mal, otros que estan desatinando, unos que ven los objetos amarillos, otros que los ven encendidos &c.? Es preciso que á vista de esto conjeturémos que si una causa mas intensa hace estos efectos, otra menos activa tambien los producirá, aunque en menor grado, siendo ambas de una misma especie.

Al padecer estas alteraciones el cuerpo, y al variar de este modo los órganos conductores de las sensaciones, no hai duda que el resultado de las combinaciones que se hagan de las ideas recibidas será diferente, y que el clima tendrá alguna influencia en lo moral, y en las costumbres y usos de los pueblos.

Esta célebre cuestion del influjo del clima en lo civil y moral ha fatigado de algun tiempo á esta parte á varios sábios, que empeñados unos en considerar este influjo como única causa que produce toda la variedad de las inclinaciones y modo de los distintos pueblos, y otros en querer persuadir que no tenia parte ninguna en ello, puede decirse como que se han dejado arrebatar demasiado de su sistema, y que conociendo ambos partidos el influjo del clima en las partes donde no puede negarse, como es en los estremos, han sacrificado su conocimiento al objeto que se habian propuesto.

No tiene poca influencia en las modificaciones del cuerpo humano la diversa altura en que está el Sol sobre el horizonte. Su nacimiento, el paso por el meridiano y su ocaso, son tres puntos de suma importancia para las diversas modificaciones de la atmósfera.

La grande oblicuidad de los rayos cuando se vé el Sol en el horizonte, y su mucha reflexion y refraccion, juntándose á las otras causas que disminuyen la fuerza del calor, hace que modifique la atmósfera de un modo muy distinto que en lo restante del dia, y muy sensible, sin duda, pa-

ra el cuerpo humano, puesto que se observá quẽ cuando el Sol está en estos tres puntos es cuando acontece el hallarse mas agravados los enfermos, en que las accesiones entran y que los mas mueren en alguno de ellos.

No se intenta persuadir que la altura del Sol sobre el horizonte sea la única causa de dichas alteraciones; pues que los progresos que ha hecho la enfermedad en las horas anteriores, el efecto de los remedios tomados en el dia, &c., pueden contribuir con mayor actividad que ella; pero merece mucha consideracion el observarse que todas aquellas acontecen precisamente en dichos puntos, y no en otros.

Los antiguos latinos, griegos y egipcios, que diferenciaban los planetas con nombres alusivos á ciertas cualidades, conocieron su influjo en la superficie de la tierra, conocimiento que depositado en manos de los que tenían interés en inclinar al pueblo hácia sus proyectos, fué el origen de varias preocupaciones esparcidas y arraigadas en dichos paises.

Siendo cierto, que si la accion de estos astros no es tan activa y eficaz como la del Sol y la Luna, á lo menos lo es algo, que á proporcion de su fuerza aumenta ó disminuye la que estos dos astros ejercen en los cuerpos terrestres, y que este concurso de fuerzas es de tal importancia, que nos persuade á que debe atribuirse á él la violencia de ciertas enfermedades inopinadas, de que se ignora la causa; produciendo las constituciones médicas, y las epidemias desoladoras del Universo.

Hipócrates por aquel „*algo de divino*„ á que quiere que se alienda en las enfermedades, no entiende otra cosa que el estado del aire que nos rodea, y depende del imperio de los astros, ó de alguna otra causa extraordinaria y desconocida; pero que seguramente procede del influjo de los fenómenos celestes; de modo que verificándose en aquellos puntos que son mas ventajosos para causar alguna alteracion en la tierra, deberán tenerse presentes, porque tal vez veremos efectos que no nos dejan duda en que ejercen sobre nosotros un influjo que no sabemos apreciar.

Sobre todo no nos olvidemos de que las causas mas pequeñas producen efectos grandes, y que la falta de obser-

vaciones seguidas y hechas con conocimiento nos priva de poder establecer como verdaderas algunas causas, que presenten todos los caracteres de las que lo son.

Cuando suceden las Lunas nuevas ó llenas, entonces debemos esperar las mayores alteraciones posibles, y cuan raro es el que se pase una Luna con estas circunstancias, sin causar alguna alteracion notable en las estaciones.

Pero si debemos tener presente, que aunque el instante en que se verifican estas condiciones es en el que concurren todos los agentes de las alteraciones de la atmósfera, &c.; con todo no suceden en el mismo momento los efectos.

Las causas necesitan cierto tiempo para producir sus efectos, y asi solo cuando las fases anteriores hayan preparado ya las mudanzas, podrán sentirse los efectos al instante, ó tal vez preceder, esto es, experimentarse uno ó dos dias antes; pero lo mas común es el que se verifiquen dos ó tres dias despues de estas causas.

Sin embargo en la medicina, en la agricultura y en otras artes no faltan ejemplos, de efectos que han seguido y siguen tan perfectamente las fases de la Luna, los aspectos de sus eclipses y el tránsito de este satélite por el Meridiano, que en los mismos instantes suceden unos y otros, de tal suerte que al ver el efecto podria predecirse el estado de la causa y al contrario.

Véanse las observaciones del Sr. Daquin, médico de Chamberi sobre los efectos producidos por los eclipses. Los de Mead, en su tratado de la influencia del Sol y la Luna en el cuerpo humano.

Esta admirable correspondencia que se halla en ciertos casos entre la Luna y sus efectos, ha fatigado á los sábios, pretendiendo algunos desterrar de la medicina unas causas que no sabian conocer para precaver sus efectos.

No es nuestro intento, el que se atribuya á este astro todo aquel cúmulo de efectos falsos que cree el vulgo que vienen de la Luna, pero si nos parece que queda demostrado que el satélite de que hablamos ha de ejercer cierta fuerza de gravitacion sobre la tierra, que esta ha de ser mayor en unas ocasiones que en otras, porque varia la dis-

tancia entre la tierra y su satélite, y en fin que obrando por su luz y calor han de variar sus efectos con mayor razon que varia su distancia.

Este débil calor de la Luna es tan dañoso á los que duermen á ella, por escitar movimientos estraordinarios en nuestros cuerpos y cabezas, y ocasionar tantos otros efectos, que puede tambien tener mucha parte, ó á lo menos concurrir á producir las fermentaciones que se observan en la atmósfera, y son muy frecuentemente el origen de los vientos.

Paracelso Wan-Helmont y otros sábios médicos decian, que la luna era fria y húmeda.

Tenemos pruebas irrefragables de la influencia de nuestro satélite en la tierra: las mareas nadie duda ya que son efecto de la Luna, y que varian como esta en su órbita. ¿Pues si el agua del mar experimenta estas alteraciones, la atmósfera que gravita sobre ella, no las padecerá antes, y con tanta mayor energía cuanto el aire es mas movable, compresible y elástico que el agua? ¿Si las padecen estos fluidos, no las sufrirán los que circulan por los cuerpos y son susceptibles tanto, y tal vez mas que ellos de dichas impresiones? Los cuerpos animados é inanimados no solo percibirán los influjos de este astro, sino que sentirán los efectos que la variacion de la atmósfera les debe causar.

Asi como esta pequeña fuerza de la luz y calor de los rayos lunares se hace sensible al Terrícola, asi tambien debe hacérsele perceptible su falta.

Mientras luce la Luna se disminuye el frío y condensacion que la falta del calor solar causa en los cuerpos de toda especie, y así si de repente falta su luz no puede menos de causar una alteracion proporcionada á la actividad de la causa; pero que tal vez produce efectos de mayor consideracion que ella.

Mateo Fabri cuenta en las *Melanges del curieux de la nature* en el suplemento á la década undécima, que un joven melancólico, algunos dias antes de un eclipse lunar estuvo mas triste y pensativo que lo que acostumbraba, y que al mismo tiempo del eclipse enfureció, y corrió de un lado y otro por su casa y por las calles con espada en mano,

matando y destruyendo cuanto se le ponía pór delante.

Ramazzini en las constituciones epidémicas de 1693 nota el eclipse de Luna de 21. de Enero, y dice: que quedó admirado de que la mayor parte de enfermos fallecieran precisamente á la hora del eclipse, y mas aun al ver que algunos murieron de repente.

El modo lento de obrar la naturaleza para formar todas sus obras, y el sinnúmero de pequeñas causas que concurren para producir al cabo de mucho tiempo las cosas que han de admirar siempre á los hombres, nos deben persuadir la necesidad de tener presentes algunos hechos que el detenernos en ellos parece nimiedad á los ojos de los observadores poco exactos y nada acostumbrados á buscar las causas de los fenómenos naturales.

La reduccion repentina de una gota de agua ó vapor, el aumento de volúmen del agua que pasa á yelo, &c., producen las violentas esplosiones que rompen y despiden á largas distancias los cuerpos mas compactos y pesados. Una gota de agua cayendo continuamente llega á labrar las piedras mas duras, y estas se hienden por crecer entre ellas una planta. La humedad y el aire destruyen los monumentos que los hombres erigen para perpetuar el nombre, ó la figura de los que les hicieron bien. Nada hay que resista al tiempo, esto es, á esta fuerza imperceptible con que la atmósfera destruye poco á poco las cosas mas subsistentes.

La humedad vemos que hace aumentar el volúmen de las puertas, de tal modo que las holgadas llegan á ser difíciles de cerrar, y que este aumento de volúmen de la madera sirve para levantar pesos enormes.

La grandisima fuerza de los musculos se asegura que no es mas que el concurrir á ellos cierta porcion de espíritus animales ó fluido nervioso.

La medicina nos dá ejemplos de los funestos efectos producidos por causas pequeñas. Las asfixias, los desmayos, los sincopes &c. provienen muchas veces del aroma que despiden algunas flores, del yeso con que se ha revocado recientemente alguna pieza que se habita, del carbon acabado de encender &c.; por que alterandose la bondad del aire, ó pervirtiéndose este fluido necesario para la vida, se convierte en veneno.

Al contrario no faltan ejemplos en la medicina de remedios muy eficaces dimanados de causas muy pequeñas; las frías ligeras, las fricciones para administrar algunos medicamentos, las pequeñas conmociones de la máquina eléctrica, la música &c. curan muchas veces enfermedades que parecen superiores á los recursos mas fuertes del benéfico arte de curar.

Bastarian sin duda los hechos referidos para comprobar cuanto hemos dicho sobre el aprecio que se debe hacer de las causas mas pequeñas para explicar los fenómenos mas grandes producidos por el influjo de los astros; pero es preciso decir que no deben olvidarse jamas los efectos de las conmociones del aire atmosférico.

Los ruidos grandes de voces, campanas, cañonazos, tambores, esplosiones de almacenes de polvora &c., causan grandes undulaciones en la atmósfera, las cuales asi como rompen los vidrios de las casas que estan á mucha distancia, hienden sus muros, hacen caer de lo alto los cuerpos &c. asi tambien agitan el aire, hacen que unas partículas ya del mismo fluido, ya de los cuerpecillos que nadan en él rocen con otras, produce una especie de calor que enrarece el aire y facilitan el que caigan los cuerpos sostenidos en la atmósfera; bien por que les sea mas facil abrirse camino por este aire mas raro, bien por que como no tiene ya tanta fuerza se pierde el equilibrio de este lado, y descienden los cuerpos sostenidos con mas ó menos velocidad, segun es mayor ó menor la resistencia que aun les opone el aire enrarecido.

La observacion constante y exacta de estos pequeños movimientos nos llevaria, tal vez, en la meteorologia á poder predecir y evitar los efectos funestisimos que experimentamos al derretirse de repente las nieves, al caer unas abundantísimas lluvias &c., y puede tambien, que los trabajos continuados de los físicos, hallen el modo de producir en la atmósfera aquellas modificaciones necesarias para que prosperen los frutos.

La inmediata influencia de los fenómenos celestes se verifica sobre la atmósfera terrestre ocasionando todos los numerosos meteoros, de los que hemos tratado devidaman-

te y como sus efectos se hacen sensibles en los cuerpos, que componen los tres reynos de la naturaleza, de aquí es la indispensable necesidad del conocimiento particular de la atmósfera; así que diremos que la tierra tiene encima de su superficie un fluido que la ocupa toda, y que llega hasta cierta altura.

Este fluido elastico, grave, sin color ni olor, es el que se llama atmósfera, (1.) pues se percibe que entrando y equilibrándose con él las exhalaciones, vapores &c. que despiden los demas cuerpos, la parte de la atmósfera mas cercana á la superficie de la tierra, deberá ser mas pesada; por que ademas de abundar siempre de los vapores que continuamente suben y bajan de la atmósfera, estos, aun quando por su poco peso pudiesen subir á mucha altura, es muy factible que encuentren al paso algunos otros, que reuniéndose con ellos, lleguen á formar un mayor volúmen y un peso tal que les haga bajar para detenerse en otro paraje donde la atmósfera tenga mayor densidad, y por consiguiente mas peso.

La atmósfera se divide comunmente en tres regiones, ó alturas de cierta estension. Las dos ó tres primeras leguas, contando desde la superficie de la tierra, son la region inferior, que es la mas importante, por que es el lugar de casi todos los meteoros y de las alteraciones que perciben los cuerpos: las quince ó veinte leguas siguientes forman la region media, y la superior quieren algunos que no tenga limites.

Este modo de ir descendiendo á una parte mas baja los vapores, ó cuerpecillos que se habian elevado en la atmósfera, es el que mantiene la continua corriente que hay de cuerpos despedidos de la superficie de la tierra, y vueltos á

(1.) Atmósfera, voz ya castellana, que debe su origen á dos palabras griegas, que son soplo ó vapor y globa: y así se vé que los que inventaron este nombre, juntando las dos, quisieron significar que era la esfera ó lugar de los vientos.

En las inmediaciones de la superficie de la tierra, sigue esta densidad una progresion geométrica.

recibir en ella; y así se consigue que las partes y fluidos animales, vegetales y térreos padezcan varias modificaciones, y vuelvan á servir en la superficie de la tierra para mantener los minerales, plantas y animales.

Las diferentes propiedades de la atmósfera, que son otras tantas disposiciones destinadas á la conservacion de la especie humana, y de todo lo que existe sobre la superficie del globo terrestre, estan sujetas, como todas las cosas naturales, á variaciones que causan en la economia animal infinitos desarreglos sensibles y peligrosos.

La humedad de este fluido, su sequedad, su calor, su frio, la velocidad en algunas de sus partes, sus alteraciones &c. son accidentes que hacen variar tanto su bondad para la vida de los animales y vegetales, y para las operaciones de la agricultura.

Queda unicamente que advertir que hasta ahora no se ha determinado que el aire tenga color, y se diferencie de los demas cuerpos, y solo parece que el color azul que vemos en el cielo dimana de que combinados los rayos de la luz refleja con el obscuro que hay despues de la atmósfera, producen el hermosísimo azul celeste que presenta en las noches serenas.

Cuanto dejamos manifestado prueba el influjo de los fenómenos celestes en la medicina, en la agricultura, como en todas las operaciones de ella, que son tan numerosas, no menos que en las artes, pues para unas influye poderosamente la sequedad, ó humedad del aire, no menos que el mayor grado de temperatura; mientras que en otras, como en las operaciones quimicas y sus resultados, influyen notablemente el lumínico, calórico, electricidad &c. &c.

ARTICULO ÚNICO.

Nociones sobre la esfera.

Por esfera se entiende unos globos ó máquinas compuestas de círculos de que nos servimos en cosmografia para indicar mas facilmente la situacion de los astros.

Las esferas que se llaman armilares se componen de:

muchos puntos y de varios círculos cuyo conocimiento es necesario en astronomía.

Los globos son una especie de bolas sobre las cuales se ha trazado la posición de las estrellas distribuidas en constelaciones, y se les llama globos celestes; ó bien se traza en ellos la posición de los diversos países de la tierra, de los mares y de las ciudades, según su situación, y entonces se llaman globos terrestres.

Como en el espacio de 24 horas la tierra dá vuelta sobre si misma: se ha imaginado una línea que la atraviesa, de modo que dá vuelta sobre esta línea como lo hace una rueda sobre su eje.

Esta línea se llama el eje de la tierra.

Las dos estremidades de ella son los dos polos, el uno llamado del Norte ó Artico, y el otro del Mediodia ó Antártico.

También se ha imaginado el horizonte, del que hay dos especies, á saber: el horizonte sensible y el horizonte racional.

El horizonte sensible es el círculo que parece terminar nuestra vista cuando estamos situados en una gran llanura.

El horizonte racional es un círculo que no se puede ver, pero que nos lo representamos paralelo al primero y dividiendo la tierra en dos partes iguales. Este horizonte indica el nacimiento y ocaso de los astros.

Otro círculo es el Ecuador: se halla á igual distancia de los polos, y divide también la tierra en dos partes iguales.

El Meridiano es el círculo que pasa por los dos polos y en el cual se halla el Sol siempre al Mediodia, divide también la tierra en dos partes iguales, la una Oriental, y la otra Occidental.

La eclíptica es también otro círculo que corta al Ecuador respecto del cual tiene una inclinación que se llama oblicuidad de la eclíptica.

Este círculo está guarnecido de una banda que se llama Zodiaco, en la cual, como he dicho antes, están puestos los doce signos ó constelaciones.

Los coluros son dos círculos que se encuentran y cortan en ángulos rectos en los polos del mundo.

El uno de ellos pasa por los puntos equinocciales de Aries y Libra, y es el coluro de los equinoccios; y el otro por los puntos solsticiales de Cancer y Capricornio, y se llama coluro de los solsticios.

Dividen la eclíptica en cuatro partes iguales que toman la denominacion de los puntos por donde pasan, esto es, de los cuatro puntos cardinales que son los de Aries, Libra, Cancer y Capricornio.

Los círculos de que acabamos de hablar se llaman mayores, porque dividen la tierra en partes iguales. Los siguientes la dividen en partes desiguales y se llaman círculos menores: estos son los dos trópicos y los dos círculos polares.

Los dos trópicos son los círculos que describe el Sol en los dos puntos mas distantes del Ecuador, esto es, Cancer y Capricornio; el del Norte se llama trópico de Cancer, y el del Mediodia trópico de Capricornio.

Los dos círculos polares, distantes de cada uno de los polos 23 grados y 28 minutos, son dos pequeños círculos paralelos á los trópicos situados entre estos y los polos.

Las zonas, son unas bandas que se hallan determinadas sobre la tierra por los círculos polares y los trópicos.

Hay cinco, á saber: la zona torrida, que está entre los dos trópicos: dos zonas templadas, comprendidas cada una entre un trópico y el círculo polar mas próximo; y dos zonas glaciales, comprendidas entre cada uno de los polos y los círculos polares.

FIN.

TABLA ANALITICA

Ó ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTA OBRA.

Páginas.

DEDICATORIA.

PROLOGO DEL REDACTOR.

CAPITULO PRIMERO.—LECCION I. De la fisica

en general. 1.

Art. único. *Generalidades*. *id.*

CAPITULO SEGUNDO.—De las propiedades ge-

nerales ó de primer órden. 7.

Art. 1º *Estension y figurabilidad*. *id.*

Art. 2º *Estension*. 8.

Art. 3º *Figurabilidad*. *id.*

LECCION II. De la divisibilidad é impenetrabili-
dad. 9.

Art. 4º *Divisibilidad*. *id.*

Art. 5º *Impenetrabilidad*. 11.

LECCION III. De la porosidad y del vacio. 12.

Art. 6º *Porosidad*. *id.*

Art. 7º *Vacio*. 13.

LECCION IV. De la Rarefactibilidad, condensabi-
lidad, compresibilidad y elasticidad. 14.

Art. 8º *Rarefactibilidad*. *id.*

Art. 9º *Condensabilidad*. *id.*

Art. 10. *Compresibilidad*. 15.

Art. 11. *Elasticidad*. 16.

LECCION V. De la ductilidad, estensibilidad, flexi-
bilidad, dureza, tenacidad y dilatabilidad. 18.

Art. 12. *Ductilidad*. *id.*

Art. 13. *Estensibilidad*. 19.

Art. 14. *Flexibilidad*. *id.*

Art. 15. <i>Dureza: Equívoco de esta espresion en el lenguaje comun.</i>	20.
<i>Variaciones de la dureza en los metales batidos ó templados.</i>	22.
Art. 16. <i>Tenacidad.</i>	<i>id.</i>
Art. 17. <i>Dilatabilidad.</i>	23.

CAPITULO TERCERO.—LECCION VI. De la materialidad, equilibrio y movimiento de los cuerpos. *id.*

Art. 1.º <i>Materialidad &c.</i>	<i>id.</i>
--	------------

LECCION VII. De la movilidad, inercia, movimiento en general y sus diferencias, fuerzas motriz, muerta, viva, masa de los cuerpos, direccion de los movimientos, espacio corrido y tiempo empleado. 28.

Art. 2.º <i>Movilidad.</i>	<i>id.</i>
Art. 3.º <i>Inercia.</i>	29.
Art. 4.º <i>Movimiento y de sus leyes.</i>	<i>id.</i>
Art. 5.º <i>Fuerza motriz.</i>	30.
Art. 6.º <i>Fuerza muerta.</i>	<i>id.</i>
Art. 7.º <i>Fuerza viva.</i>	<i>id.</i>
Art. 8.º <i>Masa de los cuerpos.</i>	31.
Art. 9.º <i>Direccion de los movimientos.</i> . .	<i>id.</i>
Art. 10. <i>Espacio corrido.</i>	32.
Art. 11. <i>Tiempo empleado.</i>	<i>id.</i>

LECCION VIII. De la velocidad y sus diferencias: cantidad de movimiento: movimiento absoluto: relativo: simple: compuesto: rectilíneo: curvilíneo: reflejo: refracto: uniforme: acelerado, y retardado: leyes del movimiento. 1.ª del movimiento simple y de las resistencias de los intermedios. *id.*

Art. 12. <i>Velocidad.</i>	<i>id.</i>
Art. 13. <i>Cantidad de movimiento.</i>	34.
Art. 14. <i>Movimiento absoluto.</i>	35.
Art. 15. <i>Movimiento relativo.</i>	<i>id.</i>
Art. 16. <i>Movimiento simple.</i>	<i>id.</i>
Art. 17. <i>Movimiento compuesto.</i>	36.

Art. 18.	<i>Movimiento rectilíneo.</i>	36.
Art. 19.	<i>Movimiento curvilíneo.</i>	<i>id.</i>
Art. 20.	<i>Movimiento reslejo.</i>	<i>id.</i>
Art. 21.	<i>Movimiento refracto.</i>	<i>id.</i>
Art. 22.	<i>Leyes del movimiento.</i>	37.
Art. 23.	<i>1ª Ley del movimiento simple.</i>	<i>id.</i>
Art. 24.	<i>Resistencia de intermedios ó de los fluidos.</i>	38.
LECCION IX.	De la resistencia de los rozamientos ó fricciones: 2ª y 3ª ley del movimiento simple.	<i>id.</i>
Art. 25.	<i>Resistencia de los rozamientos ó fricciones.</i>	<i>id.</i>
Art. 26.	<i>2ª ley del movimiento simple.</i>	40.
Art. 27.	<i>3ª ley del movimiento.</i>	41.
LECCION X.	De las causas que mudan la direccion del movimiento: variacion de direccion ocasionada por una materia fluida ó refraccion: variacion de direccion ocasionada por un obstáculo impenetrable y fijo ó reflexion.	<i>id.</i>
Art. 28.	<i>Causas que mudan la direccion del movimiento.</i>	<i>id.</i>
Art. 29.	<i>Variacion de direccion ocasionada por una materia fluida ó refraccion.</i>	42.
Art. 30.	<i>Variacion de direccion ocasionada por un obstáculo impenetrable y fijo ó reflexion.</i>	43.
LECCION XI.	De la variacion de velocidad y de direccion ó choque de los cuerpos en general, en particular de los no elásticos: del de los cuerpos elásticos; y de sus leyes.	45.
Art. 31.	<i>Variacion de velocidad y de direccion ocasionada por un obstáculo impenetrable, y que puede ser desalojado ó choque de los cuerpos.</i>	<i>id.</i>
Art. 32.	<i>Choque directo de los cuerpos no elásticos.</i>	47.
Art. 33.	<i>Leyes del choque de los cuerpos no</i>	

<i>elásticos.</i>	47.
Art. 34. <i>Choque directo de los cuerpos elásticos.</i>	48.
Art. 35. <i>Leyes del choque de los cuerpos elásticos.</i>	49.
LECCION XII. Del movimiento compuesto: sus leyes: movimiento compuesto en línea recta: en línea curva y oblicua.	51.
Art. 36. <i>Movimiento compuesto.</i>	<i>id.</i>
Art. 37. <i>Leyes del movimiento compuesto.</i>	<i>id.</i>
Art. 38. <i>Potencias iguales.</i>	<i>id.</i>
Art. 39. <i>Potencias desiguales.</i>	52.
Art. 40. <i>Movimiento compuesto en línea recta.</i>	53.
Art. 41. <i>Movimiento compuesto en línea curva.</i>	<i>id.</i>
Art. 42. <i>Movimiento compuesto conocido con el nombre de oblicuo.</i>	54.
LECCION XIII. Fuerzas centrales en general: en particular de cada una de ellas y de sus leyes.	<i>id.</i>
Art. 43. <i>Fuerzas centrales en general.</i>	<i>id.</i>
Art. 44. <i>Leyes de las fuerzas centrales.</i>	58.
LECCION XIV. Del movimiento de oscilacion de los péndulos en general y en particular: de sus aplicaciones.	60.
Art. 45. <i>Oscilaciones del péndulo.</i>	<i>id.</i>
Art. 46. <i>Aplicaciones.</i>	63.
CAPITULO CUARTO.—LECCION XV. De las aplicaciones generales y particulares de los movimientos, de sus leyes, y demas fenómenos, á las artes y á la medicina.	64.
Art. 1.º <i>Aplicaciones generales.</i>	<i>id.</i>
Art. 2.º <i>Aplicaciones particulares.</i>	65.
Art. 3.º <i>Aplicaciones á la medicina.</i>	66.
CAPITULO QUINTO.—LECCION XVI. De la gravedad en general y de algunos fenómenos en particular.	67.
Art. 1.º <i>De la gravedad y pesantéz.</i>	<i>id.</i>

Art. 2.º	<i>De la pesantéz de los cuerpos.</i>	69.
LECCION XVII.	De la atraccion considerada tanto en las grandes masas, como en las moléculas elementales: de los fenómenos de la adhesion y cohesion.	72.
Art. 3.º	<i>De la atraccion en las grandes masas y en las moléculas elementales.</i>	<i>id.</i>
Art. 4.º	<i>De los fenómenos de adhesion y cohesion.</i>	76.
Art. 5.º	<i>De los efectos de la gravedad sobre los cuerpos que domina.</i>	77.
Art. 6.º	<i>Efectos de la gravedad perpendicularmente al horizonte.</i>	78.
LECCION XVIII.	De la velocidad acelerada, uniforme y retardada en el descenso ó caída de los graves: efectos de la gravedad sobre los cuerpos, que se mueven en direccion oblicua al horizonte.	79.
Art. 7.º	<i>Velocidad acelerada.</i>	<i>id.</i>
Art. 8.º	<i>Velocidad uniforme.</i>	80.
Art. 9.º	<i>Velocidad retardada.</i>	81.
Art. 10.	<i>Efectos de la gravedad sobre los cuerpos en direccion oblicua al horizonte.</i>	82.
Art. 11.	<i>Modo de determinar esta disminucion.</i>	83.
LECCION XIX.	De la curva cycloide: de sus fenómenos, aplicaciones, y del movimiento de proyeccion.	84.
Art. 12.	<i>Curva cycloide.</i>	<i>id.</i>
Art. 13.	<i>Historia de la curva cycloide.</i>	85.
Art. 14.	<i>Aplicaciones de la cycloide á los péndulos.</i>	86.
Art. 15.	<i>De la accion de la gravedad con cualquiera otra fuerza.</i>	<i>id.</i>
LECCION XX.	De las gravedades específicas de los cuerpos en general, y en particular: de las de los sólidos: descripcion del gravímetro: de sus diferencias, usos y aplicaciones.	89.

Art. 16.	<i>De las gravedades específicas de los cuerpos en general y en particular de las de los sólidos.</i>	<i>id.</i>
Art. 17.	<i>Del modo y medios de medir las gravedades específicas de los cuerpos.</i>	96.
Art. 18.	<i>Gravímetro.</i>	<i>id.</i>
Art. 19.	<i>Descripción del gravímetro.</i>	92.
Art. 20.	<i>Aplicaciones y usos de este instrumento.</i>	93.
LECCION XXI.	<i>De las diferentes teorías, sistemas y opiniones inventadas sobre la naturaleza de la causa de la gravedad y pesantéz.</i>	94.
Art. 21.	<i>Sistemas y opiniones.</i>	<i>id.</i>
Art. 22.	<i>Opinion del célebre Descartes.</i>	95.
Art. 23.	<i>Refutación.</i>	96.
Art. 24.	<i>Hipótesis de Huyghens.</i>	<i>id.</i>
Art. 25.	<i>Refutación.</i>	97.
Art. 26.	<i>Hipótesis de Regis.</i>	<i>id.</i>
Art. 27.	<i>Refutación.</i>	<i>id.</i>
Art. 28.	<i>Ley general de atracción.</i>	98.
CAPITULO SESTO.—LECCION XXII.	<i>Hidrodinámica: división: liquidéz: generalidades.</i>	99.
Art. 1.º	<i>De la hidrodinámica.</i>	<i>id.</i>
Art. 2.º	<i>De los líquidos.</i>	100.
Art. 3.º	<i>Generalidades. Porosidad.</i>	102.
Art. 4.º	<i>Impenetrabilidad.</i>	<i>id.</i>
Art. 5.º	<i>Compresibilidad.</i>	103.
Art. 6.º	<i>Elasticidad.</i>	<i>id.</i>
Art. 7.º	<i>Adhesión de los líquidos á los diferentes cuerpos.</i>	<i>id.</i>
LECCION XXIII.	<i>De la hidrostática: leyes que siguen los líquidos ó fluidos y de los cuales todas las partes son homogéneas.</i>	106.
Art. 8.º	<i>Hidrostática. Primera parte.</i>	<i>id.</i>
Art. 9.º	<i>Leyes.</i>	107.
LECCION XXIV.	<i>De como pesan y se ponen en equilibrio muchos líquidos ó fluidos juntos de diferentes densidades.</i>	109.
Art. 10.	<i>Hidrostática. Segunda parte.</i>	<i>id.</i>

Art. 11.	<i>Leyes.</i>	109.
LECCION XXV.	De como se ponen en equilibrio con los líquidos, los cuerpos sólidos, que se sumergen en ellos.	111.
Art. 12.	<i>Hidrostatica. Tercera y última parte.</i>	<i>id.</i>
Art. 13.	<i>Leyes.</i>	112.
Art. 14.	<i>Leyes de la presion y del equilibrio de los sólidos especificamente mas pesados, que los líquidos en que están sumergidos.</i>	114.
Art. 15.	<i>Cuerpos flotantes.</i>	115.
Art. 16.	<i>Arte de nadar.</i>	116.
LECCION XXVI.	De las gravedades específicas de los líquidos: medios inventados para medirlos: Instrumentos conocidos á este efecto, teorías de los areómetros y sus diferencias.	118.
Art. 17.	<i>Gravedades específicas de los líquidos.</i>	<i>id.</i>
Art. 18.	<i>Leyes de las gravedades específicas.</i>	121.
LECCION XXVII.	Historia de los tubos capilares: sus fenómenos: varias hipótesis sobre las causas de ellos, y sus leyes.	122.
Art. 19.	<i>Historia de los tubos capilares y sus fenómenos.</i>	<i>id.</i>
Art. 20.	<i>Incertidumbre del descubrimiento de este fenómeno.</i>	123.
Art. 21.	<i>Fenómenos principales de los tubos capilares.</i>	124.
Art. 22.	<i>Fenómenos particulares.</i>	<i>id.</i>
Art. 23.	<i>Diferentes hipótesis para explicar las causas de los fenómenos de los tubos capilares.</i>	126.
CAPITULO SEPTIMO.—LECCION XXVIII.	De las teorías sobre la naturaleza y causas de la fluidéz, liquidéz y dureza de los cuerpos.	128.
Art. único.	<i>Causas de estos fenómenos.</i>	<i>id.</i>
CAPITULO OCTAVO.—LECCION XXIX.	Hidráulica	

ca: generalidades de esta segunda parte de la hidrodinámica: salida de los fluidos ó líquidos por orificios pequeños: como por un orificio hecho en la pared delgada y otros fenómenos.	132.
Art. 1º <i>Hidráulica.</i>	<i>id.</i>
Art. 2º <i>Movimientos que se verifican en la masa líquida durante su salida fuera de un vaso.</i>	<i>id.</i>
Art. 3º <i>Fenómenos que se manifiestan fuera del vaso en la vena líquida.</i>	135.
Art. 4º <i>Velocidad del líquido en el orificio.</i>	136.
Art. 5º <i>Salida de un líquido por un orificio hecho en pared delgada: relacion del gasto entre sí.</i>	137.
Art. 6º <i>Cantidad de líquido suministrada en un tiempo dado.</i>	138.
LECCION xxx. De los fenómenos, efectos y causas de las salidas ó evacuaciones de los fluidos ó líquidos por tubos ó caños adicionales.	139.
Art. 7º <i>Aumento de gasto por los caños.</i>	<i>id.</i>
Art. 8º <i>Causas del aumento del gasto, aunque la velocidad disminuya</i>	140.
Art. 9º <i>Cantidad de aumento de gasto.</i>	<i>id.</i>
Art. 10. <i>Efectos de los caños largos.</i>	<i>id.</i>
Art. 11. <i>Presion de los líquidos en movimiento sobre las paredes de los tubos.</i>	142.
Art. 12. <i>De los surtidores.</i>	<i>id.</i>
Art. 13. <i>De los obstáculos que se oponen á la elevacion del chorro.</i>	143.
Art. 14. <i>Del modo de elevar los surtidores á mayor altura que el nivel del depósito.</i>	144.
Art. 15. <i>De las corrientes ó salidas por canales.</i>	<i>id.</i>
Art. 16. <i>De las variaciones de la velocidad en la longitud del canal.</i>	<i>id.</i>
Art. 17. <i>Variaciones de la velocidad en la profundidad del canal.</i>	145.

Art. 18.	<i>Variaciones de la velocidad en lo ancho de un canal.</i>	146.
LECCION XXXI.	De la accion erosiva de las aguas sobre el fondo y orilla de los canales y rios: del choque y resistencia de los líquidos.	<i>id.</i>
Art. 19.	<i>Erosion sobre el fondo.</i>	<i>id.</i>
Art. 20.	<i>Equilibrio entre la accion erosiva y la resistencia del suelo.</i>	147.
Art. 21.	<i>Accion erosiva sobre las paredes laterales.</i>	<i>id.</i>
Art. 22.	<i>Circunstancias que presenta el curso de los rios.</i>	148.
Art. 23.	<i>Del choque y resistencia de los líquidos.</i>	150.
LECCION XXXII.	De los movimientos refractados, oscilatorios y vibratorios de los líquidos: movimiento de las ruedas movidas ya por el choque ó ya por el peso del agua.	151.
Art. 24.	<i>Movimiento refractado.</i>	<i>id.</i>
Art. 25.	<i>Movimientos oscilatorios y vibratorios de los líquidos.</i>	<i>id.</i>
Art. 26.	<i>Movimiento undulatorio.</i>	152.
Art. 27.	<i>Reflexion de las olas en la superficie de los cuerpos.</i>	153.
Art. 28.	<i>Movimientos vibratorios.</i>	<i>id.</i>
Art. 29.	<i>Movimiento de las ruedas movidas por el choque del agua.</i>	154.
Art. 30.	<i>Movimiento de las ruedas movidas por el peso del agua.</i>	155.
LECCION XXXIII.	De las bombas: su descripcion: diferencias y efectos.	156.
Art. 31.	<i>De las bombas en general y en particular.</i>	<i>id.</i>
CAPITULO NOVENO.—LECCION XXXIV.	De la mecánica: generalidades: de la palanca.	160.
Art. 1.º	<i>Mecánica: generalidades.</i>	<i>id.</i>
Art. 2.º	<i>De la palanca ó vecte.</i>	163.

Art. 3.º	<i>Ley general de equilibrio en esta máquina.</i>	164.
Art. 4.º	<i>Aplicaciones.</i>	<i>id.</i>
LECCION XXXV.	De las balanzas: romanas: poleas ó garruchas.	165.
Art. 5.º	<i>Balanza.</i>	<i>id.</i>
Art. 6.º	<i>Romana.</i>	167.
Art. 7.º	<i>Polea ó garrucha.</i>	168.
LECCION XXXVI.	Del torno argüe ó cabrestante: manubrios: ruedas dentadas; cábria y ruedas de carruages.	170.
Art. 8º	<i>Torno argüe ó cabrestante.</i>	<i>id.</i>
Art. 9º	<i>Manubrio.</i>	172.
Art. 10.	<i>Ruedas dentadas.</i>	173.
Art. 11.	<i>Cabria.</i>	174.
Art. 12.	<i>Ruedas de carruages.</i>	175.
LECCION XXXVII.	Del plano inclinado: rosca ó tornillo, cuñas y cuerdas.	176.
Art. 13.	<i>Plano inclinado.</i>	<i>id.</i>
Art. 14.	<i>Rosca.</i>	177.
Art. 15.	<i>Cuña.</i>	180.
Art. 16.	<i>Cuerdas.</i>	182.
LECCION XXXVIII.	De las máquinas compuestas en general, en particular de la romana compuesta: del cric ó gato; y del tornillo indefinido ó de la rosca sin fin.	183.
Art. 17.	<i>Máquinas compuestas en general.</i>	<i>id.</i>
Art. 78.	<i>Ley de equilibrio en las máquinas compuestas.</i>	184.
Art. 19.	<i>Romana compuesta.</i>	<i>id.</i>
Art. 20.	<i>Cric ó gato.</i>	<i>id.</i>
Art. 21.	<i>Rosca sin fin.</i>	185.
CAPITULO DIEZ.—LECCION XXXIX.	De la neumática: propiedades generales de los fluidos elásticos ó aeriformes, y en particular del aire.	186.
Art. 1º	<i>Propiedades generales de los fluidos aeriformes.</i>	<i>id.</i>
Art. 2º	<i>Figura.</i>	187.

Art. 3º	<i>Porosidad.</i>	188.
Art. 4º	<i>Impenetrabilidad.</i>	<i>id.</i>
Art. 5º	<i>Compresibilidad.</i>	189.
Art. 6º	<i>Elasticidad.</i>	190.
Art. 7º	<i>Pesantéz de los fluidos aeriformes.</i>	<i>id.</i>
Art. 8º	<i>Equilibrio de los fluidos aeriformes.</i>	191.
Art. 9º	<i>Presion de la atmósfera en la superficie de la tierra y sus efectos.</i>	193.

LECCION XL.	De los cuerpos flotantes en la atmósfera: movimiento de los fluidos aeriformes en general y particular, choque y resistencia de los mismos.	194.
Art. 10.	<i>Cuerpos flotantes por su ligereza.</i>	<i>id.</i>
Art. 11.	<i>Cuerpos flotantes por su extrema divisibilidad.</i>	195.
Art. 12.	<i>Movimiento de los fluidos aeriformes y sus causas.</i>	197.
Art. 13.	<i>Choque y resistencia de los fluidos aeriformes.</i>	199.

LECCION XLI.	De los movimientos vibratorios de los fluidos aeriformes en general y en particular del aire: produccion del sonido: de su propagacion, y de los sonidos reflejados.	201.
Art. 14.	<i>Movimientos vibratorios de los fluidos aeriformes: produccion del sonido.</i>	<i>id.</i>
Art. 15.	<i>Leyes de los sonidos en los tubos.</i>	202.
Art. 16.	<i>Propagacion del sonido.</i>	203.
Art. 17.	<i>Velocidad del sonido en el aire.</i>	205.
Art. 18.	<i>Sonidos reflejados ó de los ecos.</i>	206.
Art. 19.	<i>Ecos monosilabos y polisilabos.</i>	207.
Art. 20.	<i>Ecos notables.</i>	<i>id.</i>
Art. 21.	<i>Construccion de las salas acústicas.</i>	208.
Art. 22.	<i>Aplicaciones generales de estos fenómenos á los órganos del oído y de la voz.</i>	209.
	<i>Organo del oído.</i>	<i>id.</i>
	<i>Organo de la voz.</i>	<i>id.</i>
	<i>Ventrilocuos.</i>	210.

CAPITULO ONCE.—LECCION XLII.	Del aire considerado en sí mismo: de los efectos que produce sobre la economía animal. . .	211.
Art. 1.º	<i>Del aire considerado en sí mismo. . .</i>	<i>id.</i>
Art. 2.º	<i>Bases de los fluidos elásticos. . .</i>	212.
Art. 3.º	<i>Fluidos elásticos vivificantes. . .</i>	<i>id.</i>
Art. 4.º	<i>Aire atmosférico.</i>	213.
Art. 5.º	<i>Aire puro ó vital llamado gas oxígeno.</i>	<i>id.</i>
Art. 6.º	<i>Aplicaciones de estos principios. . .</i>	215.
LECCION XLIII.	Continuacion de los fenómenos que ofrece el aire considerado en sí mismo.	216.
Art. 7.º	<i>El aire es un fluido pesado. . .</i>	<i>id.</i>
Art. 8.º	<i>El aire es un fluido compresible . . .</i>	218.
LECCION XLIV.	De los diferentes fenómenos que ofrece el aire considerado como atmósfera terrestre: de su influencia y efectos.	221.
Art. 9.º	<i>El aire considerado como atmósfera terrestre.</i>	<i>id.</i>
Art. 10.	<i>La atmósfera considerada como un fluido en reposo.</i>	222.
CAPITULO DOCE.—LECCION XLV.	Del agua en general y de sus propiedades en particular considerada en sus tres estados de liquidéz, vapor, y yelo ó concreto. . .	225.
Art. 1.º	<i>Del agua en general y de sus propiedades en particular.</i>	<i>id.</i>
Art. 2.º	<i>Agua considerada en estado de licor ó liquidéz.</i>	228.
Art. 3.º	<i>Agua considerada en estado de vapor, causas, propiedades y usos. . .</i>	232.
Art. 4.º	<i>Agua considerada en estado de yelo, causas, propiedades y usos. . .</i>	235.
CAPITULO TRECE.—LECCION XLVI.	Higrometría: de la higrometría: definicion: causas y efectos: higrómetros: diferencias: su descripcion y usos.	239.
Art. 1.º	<i>Higrometría.</i>	<i>id.</i>

Art. 2.º *Higrómetro*. 240.

CAPITULO CATORCE.—LECCION XLVII. De los
cuerpos imponderables en general: ór-
den que deberá seguirse en la esplicacion
de sus diferentes y multiplicados fenó-
menos. 242.

Art. 1.º *Fluidos imponderables*. *id.*

LECCION XLVIII. De los cuerpos imponderables en
particular: calórico: su accion: natura-
leza y causa: dilatacion de los cuerpos
por el mismo: aplicacion de su teoría á
los termómetros; poder que tienen los
cuerpos para conducir este principio. 247.

Art. 2.º *Cuerpos imponderables en particu-
lar: calórico*. *id.*

Art. 3.º *Naturaleza y causa del calor*. 248.

Art. 4.º *Dilatacion de los cuerpos por el
mismo*. 250.

Art. 5.º *Aplicacion de esta doctrina á la
teoría de los termómetros*. 252.

Art. 6.º *Diferente poder que tienen los cuer-
pos para conducir el calórico*. 254.

LECCION XLIX. De los fenómenos que presenta
la irradiacion del calórico: capacidad de
los cuerpos para el mismo ó calórico es-
pecífico: cantidad absoluta que contie-
nen los cuerpos á cualquiera grado de
temperatura: calórico llamado latente,
fluidéz. 257.

Art. 7.º *Irradiacion del calórico*. *id.*

Art. 8.º *Aplicaciones*. 259.

Art. 9.º *Capacidad de los cuerpos para el
calórico, ó calórico específico*. 260.

Art. 10. *Cantidad absoluta de calórico que
contienen los cuerpos á cualquier grado
de temperatura*. 262.

Calórico latente. *id.*

Art. 11. *Fluidéz*. 264.

LECCION LI. Del vapor, causas y efectos: evapo-

	racion: destilacion: y de los métodos artificiales de producir grados bajos de temperatura.	266.
Art. 12.	<i>Vapor, causas y efectos.</i>	<i>id.</i>
Art. 13.	<i>Evaporacion.</i>	269.
Art. 14.	<i>Destilacion.</i>	271.
Art. 15.	<i>Métodos artificiales de producir grados bajos de temperatura.</i>	273.
LECCION LI.	De los termómetros y pirómetros en general, y en particular: sus diferencias, usos y aplicaciones.	274.
Art. 16.	<i>Termómetros.</i>	<i>id.</i>
Art. 17.	<i>Usos y aplicaciones.</i>	279.
Art. 18.	<i>Pirómetros.</i>	<i>id.</i>
Art. 19.	<i>Usos y aplicaciones</i>	280.
CAPITULO QUINCE.—LECCION LII.	De la luz en general: luz directa ú óptica: fenómenos de la difraccion é inflexion: anillos coloreados: teorías de las interferencias, y luz.	282.
Art. 1º	<i>Luz en general.</i>	<i>id.</i>
Art. 2º	<i>Optica ó luz directa.</i>	286.
Art. 3º	<i>Fenómenos de la difraccion é inflexion.</i>	288.
Art. 4º	<i>Anillos coloreados.</i>	290.
	<i>Ley de las interferencias.</i>	<i>id.</i>
Art. 5º	<i>Teoría de la luz.</i>	293.
LECCION LIII.	De la catóptrica: dióptrica: cromática: vision: instrumentos ópticos: polarizacion ó doble refraccion.	297.
Art. 6º	<i>Catóptrica ó reflexion de la luz.</i>	<i>id.</i>
	<i>Reflexion de los rayos de luz por espejos planos.</i>	<i>id.</i>
	<i>Reflexion de los rayos paralelos por espejos cóncavos y convexos.</i>	298.
Art. 7º	<i>Dióptrica ó refraccion de la luz.</i>	299.
Art. 8º	<i>Cromática ó coloracion de los cuerpos.</i>	303.
Art. 9º	<i>Vision.</i>	307.
Art. 10.	<i>Instrumentos ópticos.</i>	311.
Art. 11.	<i>Refraccion doble y polarizacion de</i>	

<i>la luz.</i>	314.
CAPITULO DIEZ Y SEIS.—LECCION LIV. Del electro-magnetismo en general: electricidad en particular: generalidades: descripcion de varios instrumentos eléctricos: balanza eléctrica: leyes de las atracciones, y repulsiones: distribucion del fluido eléctrico y otros fenómenos.	
Art. 1º <i>Electro-magnetismo en general.</i>	<i>id.</i> 317.
<i>Desarrollo de la electricidad.</i>	319.
Art. 2º <i>Electricidad en particular.</i>	320.
<i>Generalidades.</i>	<i>id.</i>
<i>Medios de producir la virtud eléctrica.</i>	<i>id.</i>
<i>Produccion de la electricidad por el rozamiento ó frotacion.</i>	<i>id.</i>
<i>Electricidad producida por contacto.</i>	321.
<i>Electricidad producida por compresion.</i>	<i>id.</i>
<i>Electricidad producida por el calor.</i>	<i>id.</i>
<i>Electricidad animal.</i>	<i>id.</i>
<i>Hipótesis de los fluidos eléctricos, y propiedades que se les atribuyen.</i>	322.
<i>Hipótesis de Franklin.</i>	<i>id.</i>
<i>Hipótesis de Simmer.</i>	<i>id.</i>
<i>Propagacion del fluido eléctrico al través de los cuerpos. Facultad conductriz.</i>	323.
<i>Estado eléctrico que adquieren todos los cuerpos por su mútuo rozamiento.</i>	324.
<i>Atraccion y repulsion de las moléculas de los fluidos eléctricos.</i>	325.
Art. 3º <i>Instrumentos eléctricos.</i>	<i>id.</i>
<i>Electróscopos y electrómetros.</i>	<i>id.</i>
<i>El electrómetro de Haüy.</i>	<i>id.</i>
<i>El electrómetro de Henly.</i>	326.
<i>El electrómetro de Bennet.</i>	<i>id.</i>
Art. 4º <i>Balanza eléctrica.</i>	<i>id.</i>
Art. 5º <i>Ley de las atracciones y repulsiones eléctricas.</i>	327.
<i>Combinacion ó polarizacion mútua de los fluidos eléctricos.</i>	<i>id.</i>

Art. 6.º	<i>Distribucion del fluido eléctrico en los cuerpos.</i>	327.
	<i>Expansion del fluido eléctrico en los cuerpos conductores y en el vacío.</i>	<i>id.</i>
	<i>El aire atmosférico retiene al fluido eléctrico en la superficie de los cuerpos.</i>	<i>id.</i>
	<i>Distribucion del fluido eléctrico en la superficie de los cuerpos de diversas formas.</i>	328.
	<i>Distribucion del fluido eléctrico entre los cuerpos en contacto.</i>	<i>id.</i>
	<i>Distribucion del fluido eléctrico en la superficie de los cuerpos en contacto.</i>	<i>id.</i>
	<i>Puntos y penachos luminosos que se forman al extremo de una punta.</i>	329.
Art. 7.º	<i>Accion de los cuerpos eléctricos sobre los que permanecen en estado natural.</i>	<i>id.</i>
	<i>Chispa eléctrica. Distancia explosiva.</i>	<i>id.</i>
LECCION LV.	De la esfera de actividad eléctrica: descomposicion del fluido: electróforo: condensador: electrómetro condensador: fenómenos de la electricidad acumulada: galvanismo: construccion de la pila de Volta, sus fenómenos.	331.
Art. 8.º	<i>Esfera de actividad eléctrica.</i>	<i>id.</i>
	<i>Danza eléctrica.</i>	332.
	<i>Repique eléctrico.</i>	<i>id.</i>
Art. 9º	<i>Deseomposicion del fluido.</i>	<i>id.</i>
	<i>Accion de una punta para sustraer el fluido eléctrico.</i>	333.
Art. 10.	<i>Electróforo</i>	334.
Art. 11.	<i>Condensador.</i>	<i>id.</i>
Art. 12.	<i>Electrómetro condensador.</i>	335.
Art. 13.	<i>Fenómenos de la electricidad acumulada.</i>	336.
	<i>Cuadro fulminante: frasco ó bocal eléctrico: Botella de Leyden.</i>	337.
	<i>Bateria eléctrica.</i>	338.
	<i>Combustion eléctrica.</i>	339.

	<i>Botella de Ingenhousz.</i>	339.
Art. 14.	<i>Electricidad producida por el contacto de diversas sustancias ó galvanismo.</i>	<i>id.</i>
	<i>Fenómenos fundamentales.</i>	<i>id.</i>
Art. 15.	<i>Construccion de una pila de Volta.</i>	340.
Art. 16.	<i>Fenómenos.</i>	341.
	<i>Teoría de la pila Voltaica.</i>	<i>id.</i>
	<i>Identidad del fluido de la pila Voltaica con el fluido eléctrico.</i>	342.
	<i>Comocion de la pila.</i>	<i>id.</i>
	<i>Combustion de los metales.</i>	<i>id.</i>
	<i>Descomposicion de los cuerpos.</i>	343.

LECCION LVI.	De la electricidad producida por el calor: de la que gozan varios pescados: rayo: para-rayo: choque de retroceso: ruido del trueno: granizo: influjo de la electricidad sobre la economía animal y vegetal: aplicaciones á la medicina: fenómenos electro-magnéticos ó corrientes eléctricas: fenómenos del iman: del magnetismo del globo terrestre.		344.
Art. 17.	<i>Electricidad producida por el calor.</i>	<i>id.</i>	
Art. 18.	<i>Electricidad de varios pescados.</i>	345.	
Art. 19.	<i>Rayo.</i>	346.	
Art. 20.	<i>Para-rayo.</i>	347.	
Art. 21.	<i>Choque de retroceso.</i>	348.	
Art. 22.	<i>Ruido del trueno.</i>	<i>id.</i>	
Art. 23.	<i>Granizo.</i>	349.	
Art. 24.	<i>Efectos de la electricidad sobre la economía animal y vegetal.</i>	<i>id.</i>	
Art. 25.	<i>Aplicaciones de la electricidad á la medicina.</i>	350.	
	<i>Por baño.</i>	<i>id.</i>	
	<i>Por corriente.</i>	<i>id.</i>	
	<i>Por chispas.</i>	<i>id.</i>	
	<i>Por comocion.</i>	<i>id.</i>	
	<i>Movimientos convulsivos producidos en los cadáveres por la electricidad.</i>	<i>id.</i>	

Art. 26.	<i>Fenómenos electro-magnéticos ó corrientes eléctricas.</i>	351.
Art. 27.	<i>Fenómenos del iman.</i>	353.
	<i>Nociones preliminares.</i>	<i>id.</i>
	<i>Dirección hácia los polos: Meridiano y Ecuador magnéticos.</i>	354.
	<i>Inclinación de la aguja magnética.</i>	355.
	<i>Atracciones y repulsiones magnéticas.</i>	<i>id.</i>
	<i>Acciones recíprocas de las agujas imanas y de las corrientes eléctricas.</i>	<i>id.</i>
	<i>Aguja magnética estática.</i>	<i>id.</i>
	<i>Ley de las atracciones magnéticas.</i>	356.
	<i>Imanación de las barras de acero.</i>	<i>id.</i>
	<i>Puntos consecuentes.</i>	<i>id.</i>
Art. 28.	<i>Magnetismo del globo terrestre.</i>	357.
	<i>Comunicación de la virtud magnética por la acción del globo.</i>	<i>id.</i>
	<i>Variaciones de la aguja en los diferentes puntos del globo.</i>	358.
	<i>Variaciones en los mismos lugares.</i>	359.
	<i>Variaciones diurnas: variaciones extraordinarias.</i>	<i>id.</i>
	<i>Intensidad de la acción magnética del globo.</i>	<i>id.</i>

CAPITULO DIEZ Y SIETE.—LECCION LVII. De

la meteorología en general y en particular: de los instrumentos meteorológicos: meteoros: aereos: acuosos: luminosos é igneos.

Art. 1º	<i>Meteorología en general.</i>	360.
	<i>Nociones generales.</i>	<i>id.</i>
Art 2º	<i>Meteorología en particular, ó primera parte.</i>	361.
	<i>Instrumentos meteorológicos.</i>	<i>id.</i>
	<i>Atmómetro.</i>	362.
	<i>Totómetro.</i>	<i>id.</i>
	<i>Etrióscopo.</i>	363.
	<i>Cianómetro.</i>	<i>id.</i>
	<i>Anemómetro.</i>	<i>id.</i>

	<i>Hombrómetro ó hidrómetro.</i>	364.
	<i>Drosómetro.</i>	<i>id.</i>
Art. 3.º	<i>Meteorología. Segunda parte.</i>	<i>id.</i>
	<i>Meteoros aéreos.</i>	<i>id.</i>
	<i>Vientos.</i>	<i>id.</i>
	<i>Torbellinos.</i>	366.
	<i>Mangas ó torbellinos terrestres.</i>	<i>id.</i>
	<i>Mangas ó bombas marinas.</i>	<i>id.</i>
Art. 4.º	<i>Meteoros acuosos.</i>	367.
	<i>Sereno ó relente.</i>	<i>id.</i>
	<i>Rocío.</i>	368.
	<i>Rocío congelado.</i>	<i>id.</i>
	<i>Nieblas.</i>	<i>id.</i>
Art. 5.º	<i>Escarcha.</i>	369.
Art. 6.º	<i>Nubes.</i>	<i>id.</i>
Art. 7.º	<i>Lluvia.</i>	370.
Art. 8.º	<i>Nieve.</i>	<i>id.</i>
Art. 9.º	<i>Granizo.</i>	371.
	<i>Aplicaciones.</i>	<i>id.</i>
	<i>Señales de lluvia.</i>	<i>id.</i>
	<i>Señales de tempestad.</i>	<i>id.</i>
Art. 10.	<i>Meteoros luminosos.</i>	372.
	<i>Arco Iris.</i>	373.
	<i>Espejismo ó espejo ilusorio.</i>	374.
	<i>Coronas.</i>	375.
	<i>Paraselenas.</i>	<i>id.</i>
	<i>Parhelias.</i>	376.
	<i>Aurora boreal.</i>	<i>id.</i>
	<i>Luz zodiacal.</i>	377.
Art. 11.	<i>Meteoros igneos ó inflamados.</i>	<i>id.</i>
	<i>Exalaciones.</i>	<i>id.</i>
	<i>Fuego de S. Telmo llamado tambien Cas-</i>	
	<i>tor y Polux.</i>	378.
	<i>Fuegos fátuos ó ambulones.</i>	<i>id.</i>
	<i>Fuegos lambentes.</i>	379.
	<i>Globos de fuego.</i>	<i>id.</i>
	<i>Aerólitos.</i>	<i>id.</i>

CAPÍTULO DIEZ Y OCHO.—LECCION LVIII. Sis-
tema planetario: de la astronomía fisi-

ca: descripcion de los movimientos de	
los cuerpos celestes: fenómenos produ-	
cidos por el movimiento de la tierra y	
de los planetas en sus órbitas: de los del	
Sol: planetas inferiores y superiores:	
movimientos de la Luna en su órbita: sus	
fases: eclipses: de la Luna: de los del	
Sol.	380.
Art. 1.º <i>Astronomía.</i>	<i>id.</i>
Art. 2.º <i>Sistema planetario.</i>	381.
<i>Cosmografía.</i>	382.
Art. 3.º <i>Planetas.</i>	385.
Art. 4.º <i>Fenómenos producidos por el movi-</i>	
<i>miento de la tierra y de los planetas en</i>	
<i>sus órbitas.</i>	392.
Art. 5.º <i>Fenómenos del Sol producidos por</i>	
<i>el movimiento de la tierra en su ór-</i>	
<i>bita.</i>	393.
Art. 6.º <i>Fenómenos de los planetas inferio-</i>	
<i>res producidos por sus movimientos y el</i>	
<i>de la tierra en sus órbitas.</i>	394.
Art. 7.º <i>Fenómenos de los planetas superio-</i>	
<i>res producidos por sus movimientos y el</i>	
<i>de la tierra en sus órbitas.</i>	396.
Art. 8.º <i>Fenómenos producidos por el movi-</i>	
<i>miento de la Luna en su órbita.</i>	397.
Art. 9.º <i>Fases de la Luna.</i>	<i>id.</i>
Art. 10. <i>Eclipses de la Luna.</i>	399.
Art. 11. <i>Eclipses del Sol.</i>	400.
LECCION LIX. De los fenómenos que dependen	
del movimiento del Sol, de los planetas	
y de la Luna sobre su eje: fenómenos,	
que se refieren á la superficie de la tier-	
ra y á sus diferentes partes: fenómenos	
producidos por el movimiento del eje de	
la tierra: cometas y estrellas. . . .	401.
Art. 12. <i>Fenómenos que dependen del movi-</i>	
<i>miento del Sol, de los planetas y de la</i>	
<i>Luna sobre su eje.</i>	<i>id.</i>

Art. 13.	<i>Fenómenos que se refieren á la superficie de la tierra y á sus diferentes partes.</i>	403.
	<i>Fenómenos que pertenecen generalmente á la superficie de la tierra.</i>	<i>id.</i>
	<i>Paralaje.</i>	404.
	<i>Fenómenos pertenecientes á las diferentes partes de la superficie de la tierra.</i>	<i>id.</i>
	<i>Desigualdad de los días.</i>	406.
	<i>Diferencias de estaciones.</i>	408.
	<i>Crepúsculos.</i>	410.

Art. 14.	<i>Fenómenos producidos por el movimiento del eje de la tierra.</i>	411.
----------	---	------

Art. 15.	<i>Cometas.</i>	412.
----------	-----------------	------

Art. 16.	<i>Estrellas.</i>	413.
----------	-------------------	------

LECCION LX Y ULTIMA. De las causas físicas de los movimientos de los cuerpos celestes: leyes que siguen en su gravedad: movimiento de la tierra: masas de los planetas, sus distancias, pesadéz ó gravedad en su superficie: sus figuras: movimiento de la Luna: de la precesion de los equinoccios y mutacion del eje de la tierra.			415.
	<i>Flujo y reflujo.</i>		<i>id.</i>
	<i>Aplicaciones de los fenómenos celestes á la medicina, artes, &c.</i>		<i>id.</i>
Art. 17.	<i>Causas físicas de los movimientos celestes. Leyes de la gravedad.</i>		<i>id.</i>
Art. 18.	<i>Movimiento de la tierra.</i>		417.
Art. 19.	<i>Masas de los planetas, sus distancias, y de la pesadéz ó gravedad en su superficie.</i>		419.
Art. 20.	<i>Figuras de los planetas.</i>		420.
Art. 21.	<i>Movimiento de la Luna.</i>		422.
Art. 22.	<i>Fenómenos de la precesion de los equinoccios y de la mutacion de la tierra.</i>		423.
Art. 23.	<i>Flujo y reflujo.</i>		424.

Art. 24. Aplicaciones de los fenómenos lestes á la medicina, artes, &c. .	427.
Art. único. Nociones sobre la esfera.	435.

FIN DE LA TABLA.

ERRATAS.

<i>Página.</i>	<i>Línea.</i>	<i>Dice.</i>	<i>Léase.</i>
8.	13.	determinuada.....	determinada
16.	1.a y 2.a	comprensibles.....	compresibles
25.	34.	condieiones.....	condiciones
29.	23.	cnalquier.....	cualquier
31.	1.a	movimiento.....	movimiento
37.	22.	les.....	los
45.	14.	movimiente.....	movimiento
52.	31.	confirman.....	confirman
Id.	33.	resnltados.....	resultados
55.	38.	centrifuga.....	centrifuga
60.	11.	euerpo.....	cuerpo
61.	1.a	arreglen.....	arreglan
64.	33.	leceiones.....	lecciones
66.	35.	circulacion.....	circulacion
67.	11.	circular.....	circular
81.	4.	descanso.....	descenso
86.	20.	el péndulo.....	al péndulo
90.	10.	pesa.....	peso
Id.	33.	compensacion.....	condensacion
103.	27.	nuevos.....	nuevos
107.	12.	reunia.....	reunian
112.	32.	mase.....	mas
114.	31.	que.....	que
115.	4.	su.....	su
116.	22.	liquide.....	líquido
122.	13.	al.....	el
127.	19.	entre.....	entre
131.	9.	aeriforme.....	aeriforme
142.	19.	tubo.....	tubo
151.	23.	refraccion.....	refraccion
152.	1.a	en.....	en
156.	31.	todo.....	lodo
166.	17.	conseguiente.....	consiguiente
180.	8.	palanca.....	palanca
185.	21.	la resistencia.....	á la resistencia
189.	7.	comprensible.....	compresible

Páginas. Líneas.

Dice.

Léase.

214.	4.	de	de
251.	12.	que	que
259.	21.	cl.	el
267.	30.	les	los
276.	11.	hacerla.	hacerle
279.	30.	sólidos.	sólidas
281.	36.	caliente.	caliente
302.	15.	óptica.	óptica
303.	36.	calor	color
322.	15.	equilibrios	equilibrio
338.	13.	queda	queda
352.	2.a y 3.a	espial	espiral
355.	35.	gravcdad.	gravedad
Id.	38.	perpcndicular	perpendicular
361.	21.	Mcteorologia.	Meteorologia
162.	página	idem	362
363.	30.	ó la.	á la
367.	19.	he	ha
370.	27.	desagradable	desagradables
390.	15.	uu.	un
Id.	37.	diracion.	duracion
391.	36.	describense.	descúbrense
412.	1.a	antieipada.	anticipada
418.	8.	sino girará.	sino girará
423.	20.	girados.	grados
424.	12.	nudos.	nodos
426.	26.	auuque.	aunque
431.	17.	gtavita.	gravita



171	171	171	171
172	172	172	172
173	173	173	173
174	174	174	174
175	175	175	175
176	176	176	176
177	177	177	177
178	178	178	178
179	179	179	179
180	180	180	180
181	181	181	181
182	182	182	182
183	183	183	183
184	184	184	184
185	185	185	185
186	186	186	186
187	187	187	187
188	188	188	188
189	189	189	189
190	190	190	190
191	191	191	191
192	192	192	192
193	193	193	193
194	194	194	194
195	195	195	195
196	196	196	196
197	197	197	197
198	198	198	198
199	199	199	199
200	200	200	200



Biblioteca Pública de Cádiz

Sig.: FL 53 LOP lec

Tít.: Lecciones elementales de f

Aut.: López, José María

Cód.: 1066989

