





Page 11	1871	1872	1873	1874	1875

These numbers, written, follow in order.

5-XIX 3.238
CURSO DE ESTUDIOS

PARA LA INSTRUCCION

DEL PRÍNCIPE DE PARMA,

POR EL ABATE CONDILLAC, INDI-
viduo de la Academia Francesa, y de
las de Berlin, Parma y Leon,

TRADUCIDO

POR DON BASILIO ANTONIO CARSI,
Don Basilio Roldan y Godinez,
y Don José Gorosarri.

TOMO III.

ARTE DE RACIOCINAR.



CÁDIZ:

Imprenta de Carreño, calle Ancha.
Año 1813.



CURSO DE ESTUDIOS

PARA LA INSTRUCCION

DEL PRINCIPE DE PARMIA

POR EL SEÑOR DON ANTONIO CASI

Don Basilio Reichen y Gollner,
los de Reichen, Parnau y Lauen.

TRADUCIDO

POR DON BASILIO ANTONIO CASI

Don Basilio Reichen y Gollner,
y Don José Gollner.

TOMO III.

ALFONSO RACHOINAR



CALIZ:

Imprenta de Caliz, Calle Nueva

Año 1872





He desenvuelto las facultades del alma , y he procurado que mis lectores consideren de un modo general las diferentes circunstancias por donde el hombre ha pasado. Hemos visto el origen de los gobiernos , de las leyes , de las artes y de las ciencias ; hemos visto las preocupaciones , los errores y los primeros progresos del entendimiento ; y no hemos podido ménos de admirarnos al contemplar por una parte los límites , y por otra la extension de nuestra razon. Príncipes de la Europa , esto debe enseñaros á desconfiar de vosotros mismos. Sois hombres , y á pesar de ser Príncipes podeis engañaros , ó mas bien por lo mismo que lo sois estais mas sujetos al error que ningun otro. Desde la cuna estais sitiados por la lisonja , por la infame lisonja , que no espera sino el momento de asaltaros , y cuyo interes se funda en

que tengais vendados los ojos. ¿Quereis alejar de vosotros los lisonjeros? Solo hay un medio. Hacedos mas ilustrados que ellos. La ilustracion solamente es capaz de libraros de la humillacion de ser el juguete de vuestros cortesanos.

Hasta aquí he procurado que mis lectores raciocinen, ahora trato de manifestarles el arte del raciocinio. Veamos pues quales son en general los objetos de nuestros conocimientos, y qual es el grado de certeza de que estos son capaces.

Propiamente hablando solo hay una ciencia, y esta es la historia de la naturaleza; ciencia demasiado vasta, y de la que solo podemos comprehender algunos de sus ramos.

Observamos hechos ó combinamos ideas abstractas. Así es que la historia de la naturaleza se divide en ciencia de verdades sensibles, á la qual llamamos fisica, y en ciencia de verdades abstractas que llamamos metafisica.

Quando divido la historia de la na-

turalaleza en ciencia de verdades sensibles, y en ciencia de verdades abstractas, solo considero los principales objetos que pueden ocupar nuestra atencion. Qualquiera que sea el asunto de nuestros estudios, los racionios abstractos son necesarios para comprehender las relaciones de las ideas sensibles; y las ideas sensibles son neceserias para formarnos ideas abstractas, y para determinarlas. Así vemos que desde la primera division cada una de las ciencias vuelve á entrar en el imperio de las otras. Así es que se socorren mutuamente, y en vano los filósofos intentan establecer barreras entre ellas. Para espíritus tan limitados como los nuestros está muy puesto en razon el considerar separadamente cada una de las ciencias; pero sería ridículo inferir de aquí que estas por su naturaleza deben estar separadas. Es preciso tener siempre presente que, propiamente hablando, solo hay una ciencia, y que si conocemos algunas verdades, que nos parecen desunidas de las demas es porque ignora-

mos el vínculo que las reúne , y forma de ellas un todo.

La metafísica es entre todas las ciencias la que mejor abraza todos los objetos de nuestro conocimiento , siendo á un mismo tiempo ciencia de verdades sensibles y ciencia de verdades abstractas ; ciencia de verdades sensibles porque es la ciencia de lo que hay sensible dentro de nosotros , así como la física es la ciencia de lo que hay sensible fuera : ciencia de verdades abstractas , porque es la que crea los principios generales , la que forma los sistemas , y la que nos suministra todos los métodos de raciocinar. Las matemáticas mismas no son mas que una parte de esta ciencia. La metafísica pues preside á todos nuestros conocimientos , y esta prerrogativa le es debida ; porque si es necesario tratar las ciencias con relacion á nuestro modo de concebir , es indudable que á la metafísica , que es la sola que conoce el entendimiento humano , pertenece conducirnos en el estudio de todas las demás. Bexo ciertos respetos todo está sujeto á su jurisdiccion ; esta ciencia

es la mas abstracta ; ella nos eleva mas allá de lo que vemos y sentimos ; nos eleva hasta el conocimiento de Dios , y forma aquella ciencia á que damos el nombre de *teología natural*.

La metafísica , quando solo tiene por objeto el entendimiento humano , puede dividirse en dos especies , la una de reflexión y la otra de sentimiento. La primera discierne nuestras facultades , ve el principio y la generacion de ellas , y en consecuencia de esto dicta reglas para conducir las. Solo á fuerza de estudio podemos adquirir esta especie de metafísica. La segunda percibe nuestras facultades , y obedece á su accion ; sigue principios que no conoce , y hay algunos que la poseen , y á quienes parece que no la han adquirido porque algunas circunstancias favorables se la han hecho natural. Esta especie de metafísica es el patrimonio , ó por decirlo así , el instinto de los entendimientos exâctos. La metafísica de reflexión no es por consiguiente mas que una teoría que desenvuelve en los principios y en los

efectos todo lo que practica la metafísica de sentimiento. Esta , por exemplo , forma las lenguas , aquella explica el sistema de estas : la una forma los oradores y los poetas , la otra nos presenta la teoría de la eloquencia y de la poesía.

Hay tres especies de evidencia : evidencia de hecho , evidencia de sentimiento y evidencia de razon.

Tenemos evidencia de hecho siempre que estamos ciertos de los hechos por nuestra propia observacion. Quando nosotros mismos no los hemos observado , juzgamos de ellos por el testimonio de los demas ; y este testimonio suple mas ó ménos por la evidencia.

Un hombre que no haya estado en Roma no puede dudar de la exístencia de esta ciudad ; pero puede tener sus dudas acerca del tiempo y de las circunstancias en que fue fundada. Entre los hechos de que juzgamos por el testimonio de los demas hay pues algunos que son como evidentes , ó de los quales estamos ciertos , como si nosotros mismos los hu-

biéramos observado ; y hay tambien otros que son muy dudosos. En este caso la tradicion por la qual llegan hasta nosotros , es mas ó ménos cierta , segun la naturaleza de los hechos , el carácter de los testigos , la uniformidad de las relaciones de estos , y la concordancia de las circunstancias.

Nosotros somos capaces de sensaciones: esta es una cosa de la qual estamos ciertos por la evidencia de sentimiento ; ¿ pero que cosa puede asegurarnos de que tenemos la evidencia de razon ? *La identidad. Dos y dos son quatro* : esta es una verdad evidente de evidencia de razon , porque esta proposicion es en substancia la misma que esta otra : *dos y dos son dos y dos* ; proposicion que no se diferencia de la primera sino en la expresion.

Pedro es capaz de sensaciones : Juan no duda de esto , y sin embargo no tiene con respecto á ello ninguna de las tres evidencias. No tiene la evidencia de hecho , porque no puede observar por sí

mismo las sensaciones propias de Pedro. Por la misma razon no tiene la evidencia de sentimiento , puesto que Pedro siente solo las sensaciones que él mismo experimenta. En fin , no tiene la evidencia de razon , porque esta proposicion *Pedro tiene sensaciones* no es idéntica á ninguna de las proposiciones que Juan conoce evidentemente.

El testimonio de los demas suple por la evidencia de sentimiento y por la evidencia de razon , así como suple por la evidencia de hecho. Yo digo que tengo sensaciones , y ninguno duda de esta verdad : los géometras dicen que los tres ángulos de un triángulo son iguales á dos rectos , y todos lo creen igualmente.

Á falta de las tres evidencias , y del testimonio de los demas , juzgamos tambien por analogía. Yo observo que tengo órganos semejantes á los de otro , y que obro como él en consecuencia de la accion de los objetos sobre mis sentidos; y de aquí infiero que , teniendo yo sensaciones , el otro las tiene igualmente.

Advertir pues relaciones de semejanza entre los fenómenos que observamos , y cerciorarnos por este medio de un fenómeno que no podemos observar , es lo que se llama juzgar por analogía.

He aquí todos los medios que tenemos para adquirir conocimientos ; porque ó vemos un hecho , ó le oímos , ó nos aseguramos por el sentimiento de lo que sucede en nosotros , ó descubrimos una verdad por la evidencia de razon , ó en fin juzgamos de una cosa por la analogía que ella tiene con otra.

Para dar á conocer estos diferentes modos de juzgar y de racionar , me bastará exercitar á mis lectores en diferentes exemplos : voy pues á exponer muchos de estos sin sujetarme por otra parte á ningun plan , porque importa seguramente poco que yo forme un tratado de racionar , pero importa mucho que racionen mis lectores , los cuales llegaran sin duda á conocer este arte quando se hayan exercitado suficientemente en el racionio.

Pero no podré exercitar tambien en los juicios que formamos por el testimonio de los demas hombres á aquellos que no tengan la instruccion necesaria para poder seguirme en una empresa semejante. Para esto es indispensable el estudio de la historia.

LIBRO PRIMERO.

*EN QUE SE TRATA EN GENERAL
de los diferentes medios de cerciorarse
de la verdad.*

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA EVIDENCIA DE RAZON.

Para raciocinar bien es preciso saber exâctamente lo que es evidencia , y poder venir en conocimiento de ella por una señal que excluya absolutamente toda especie de duda.

Ó una proposicion es evidente por sí misma , ó lo es porque es una consecuencia evidente de otra proposicion que es evidente por sí misma.

Una proposicion es evidente por sí misma , quando aquel que conoce la significacion de los términos de que se vale,

no puede dudar de lo que afirma: tal es esta. , *el todo es igual á sus partes juntas.*

¿ Pero por qué aquel que conoce exâctamente las ideas que unimos á las diferentes palabras de esta proposicion no puede dudar de su evidencia? Porque ve que ella es idéntica , ó que no significa otra cosa sino que el todo es igual á sí mismo.

Esta proposicion *el todo es mayor que una de sus partes* , es tambien idéntica , porque equivale á decir que el todo es mayor que aquello que es menor que él.

La identidad es pues la señal que tenemos para conocer que una proposicion es evidente por sí misma ; y conocemos la identidad siempre que una proposicion pueda traducirse en términos equivalentes á estos : *lo mismo es lo mismo.*

Por consiguiente , una proposicion evidente por sí misma es aquella cuya identidad se descubre inmediatamente en los términos que la entuncian.

Una proposicion es conseqüencia evidente de otra, quando vemos por la comparacion de los términos que ambas afirman una misma cosa; es decir, quando ambas son idénticas. Una demostracion es pues una serie de proposiciones, en las que, pasando unas mismas ideas de una á otra, se diferencian únicamente en estar expresadas de diferente modo; y la evidencia de un racionio consiste únicamente en la identidad.

Supongamos que se nos pida demostrar esta proposicion: *la medida de un triángulo es el producto de su altura por la mitad de su base.*

Es indudable que no vemos en los términos la identidad de las ideas. Por consiguiente esta proposicion no es evidente por sí misma, y por lo tanto es preciso demostrarla, ó hacer ver que es una conseqüencia evidente de una proposicion evidente; ó que es idéntica á otra proposicion idéntica: es preciso hacer ver que la idea que debo formarme de la medida de todo triángulo es la misma que

la idea que debo tener del producto de la altura de todo triángulo por la mitad de su base.

Para esto no hay mas que un medio, y es ante todas cosas explicar exactamente la idea que unimos á estas palabras, *medir una superficie*, y despues comparar esta idea con la que tengo del producto de la altura de un triángulo por la mitad de su base.

Pero medir una superficie es aplicar succesivamente á todas sus partes otra superficie de una magnitud determinada; por exemplo, un pie quadrado. La sola inspeccion de los términos nos manifiesta en este caso la identidad. Así es, que esta proposicion es del número de aquellas que no necesitan de demostracion.

Pero yo no puedo aplicar inmediatamente á una superficie triangular cierto número de superficies quadradas de una misma magnitud; aquí es donde la demostracion llega á ser necesaria; es decir, donde es preciso que por una serie de proposiciones idénticas llegue yo

á descubrir la identidad de esta proposición: *la medida de todo triángulo es el producto de su altura por la mitad de su base*: demostracion que, aunque al pronto parezca muy difícil, es sin embargo una cosa muy sencilla.

Conviene ante todas cosas advertir, que conocer la medida de una magnitud, es lo mismo que conocer la relacion que tiene esta magnitud con otra cuya medida conocemos: por exemplo, no hay diferencia alguna entre saber que una superficie es de pie quadrado, ó saber que es la mitad de otra superficie á la qual damos dos pies quadrados.

Despues de esto, es fácil comprehender que si hallamos una superficie sobre la qual podamos aplicar succesivamente cierto número de superficies quadradas de una misma magnitud, conoceremos la medida de un triángulo, luego que hallemos la relacion de su magnitud á la magnitud de la superficie que háyamos medido.

Lam. Para esto tomemos un rectángulo ; es
 1.^a decir una superficie determinada por qua-
Fig. tro líneas perpendiculares entre sí. Vemos
 1.^a que podemos considerarle compuesto de mu-
 chas superficies pequeñas de la misma mag-
 nitud , y terminadas igualmente por líneas
 perpendiculares ; y vemos tambien que to-
 das estas pequeñas superficies juntas son
 iguales á la superficie entera del rectángulo.

Así es que no hay diferencia alguna
 entre dividir un rectángulo en superficies
 quadradas de una misma magnitud , y apli-
 car sucesivamente á todas sus partes una
 superficie de una magnitud determinada.

Considero pues un rectángulo dividi-
 do de este modo , y veo que el núme-
 ro de pies quadrados que tiene en su
 altura se repite tantas veces como pies
 hay en la longitud de su base. Si sobre
 el primer pie de su base hay exáctamente
 tres pies quadrados de altura , los mis-
 mos hay exáctamente sobre el segundo,
 los mismos sobre el tercero , y sobre to-
 dos los demas. Esta verdad es perceptible

á la simple vista , pero es fácil probarla por proposiciones idénticas.

En efecto , un rectángulo es una superficie cuyos quatro lados son perpendiculares entre sí.

En una superficie cuyos lados son perpendiculares , los lados son paralelos; es decir , equidistantes en todos los puntos opuestos de su longitud.

Una superficie cuyos dos lados opuestos son equidistantes en todos los puntos de su longitud , tiene una misma altura en toda la longitud de su base.

Una superficie que tiene una misma altura en toda la longitud de su base , tiene tantas veces el mismo número de pies en altura como pies tiene su base en longitud.

Todas estas proposiciones son idénticas , ó no son sino diferentes modos de decir : *un rectángulo es un rectángulo.*

Por consiguiente , medir un rectángulo , aplicar sucesivamente á todas las partes de su superficie una magnitud determinada , dividir su superficie en qua-

drados iguales , tomar el número de pies que tiene de altura tantas veces como pies tiene la longitud de su base , no es mas que hacer una misma cosa de muchos modos diferentes.

Esto supuesto , no es necesario ni dividir la superficie en quadrados pequeños , ni aplicar succesivamente á todas sus partes una superficie de una magnitud determinada. Tomando el número de pies de su altura tantas veces como pies hay en su base tendremos la medida exâcta.

Podemos pues substituir esta proposicion : *medir un rectángulo es tomar el número de pies de su altura tantas veces como pies tiene en su base á esta otra por la qual hemos comenzado : medir un rectángulo es aplicar succesivamente á todas sus partes una superficie de una magnitud determinada.*

No hay duda alguna en que por la sola inspeccion de los términos no hemos conocido que estas dos proposiciones no eran sino una ; pero la identidad no ha podido ocultársearnos quando la hemos bus-

cado en la serie de las proposiciones intermedias. Hemos visto que una misma idea ha pasado de unas proposiciones á otras; y que únicamente variaba en el modo con que la expresabamos.

Demostrar es pues traducir una proposicion evidente , y darle diferentes formas hasta que llegue á ser la proposicion que queremos probar. Es mudar los términos de una definicion , y llegar por una serie de proposiciones idénticas á una conclusión idéntica con la proposicion de donde la inferimos inmediatamente. Es preciso que la identidad que no se descubre quando pasamos por alto las proposiciones intermedias , sea perceptible por la sola inspeccion de los términos quando pasamos inmediatamente de una proposicion á otra.

La proposicion que acabamos de demostrar , *medir un rectángulo es tomar el número de pies que hay en su altura tantas veces como pies hay en la longitud de su base* , es lo mismo que multiplicar su altura por su base ; y esto es tambien

lo mismo que tomar el producto de su altura por su base.

Ahora pues ; esta proposicion : *la medida de un rectángulo es el producto de su altura por su base* es un principio del qual es preciso partir , yendo por una serie de proposiciones idénticas hasta esta conclusion : *la medida de todo triángulo es el producto de su altura por la mitad de su base.*

Pero ya he advertido que si conocemos la medida del rectángulo , hallaremos la medida del triángulo tan luego como sepamos la relacion de estas dos figuras entre sí ; porque no hay diferencia alguna entre conocer una magnitud, y saber la relacion que esta tiene con otra magnitud conocida.

F. 2^a Un rectángulo dividido por su diagonal presenta dos triángulos , cuyas superficies juntas son iguales á la suya. Ahora pues ; decir que estas dos superficies son iguales á la del rectángulo , es lo mismo que decir , que los dos triángulos han sido formados en el rec-

tángulo por la diagonal que le divide en dos.

Podemos advertir ademas que estos dos triángulos son iguales en superficie: á la simple vista se conoce la verdad de esta proposicion ; pero es preciso demostrar su identidad.

La extension de una superficie está señalada por las líneas que la determinan , y por los ángulos que forman estas líneas. Por consiguiente , *dos superficies son iguales , y dos superficies estan determinadas por lineas iguales , y que forman ángulos iguales* no son mas que una sola proposicion expresada de dos modos.

Luego , *las superficies de dos triángulos son iguales , y los lados de estos triángulos son iguales , y forman ángulos iguales* son tambien dos proposiciones idénticas. Por consiguiente , los dos triángulos en que la diagonal divide al rectángulo tendran sus superficies iguales , siempre que sus lados sean iguales y formen ángulos iguales.

Ahora pues ; decir que un rectángulo queda de este modo dividido en dos triángulos , es lo mismo que decir que la diagonal es un lado comun á estos , que tienen ademas una misma base y altura , y que estas forman un mismo ángulo ; es decir , que tienen los tres lados iguales , y una superficie igual ; ó mas breve , que son totalmente iguales.

Pero decir que son totalmente iguales es lo mismo que decir que cada uno de ellos está con el rectángulo en la razon de una mitad á su todo : proposicion que no es mas que la traduccion de esta : *el rectángulo está dividido en dos triángulos iguales.*

Así pues ; decir que un triángulo está con un rectángulo de la misma base y altura en la relacion de la mitad al todo , y decir que la medida de este triángulo es la mitad de la medida del rectángulo son por los términos mismos dos proposiciones idénticas.

Pero hemos visto que la medida del rectángulo es el producto de su altura

por su base. Esta proposicion : *la medida de este triángulo es la mitad de la medida de este rectángulo* , será por consiguiente idéntica á esta : *la medida de este triángulo es la mitad del producto de su altura por su base* ; ó como se expresa comunmente , *es el producto de su altura por la mitad de su base*.

Lo único que ya nos resta que saber es , si la medida de qualquiera otro triángulo es igualmente el producto de su altura por la mitad de su base.

Qualquiera que sea la forma de un triángulo cuya magnitud queramos conocer , es claro que desde el vértice podemos baxar una perpendicular , la qual caera ó en la base ó en la prolongacion de esta.

F. 3.^a Si cae en la base dividirá el triángulo en otros dos , que tendran dos de sus lados perpendiculares entre sí , y que seran por consiguiente de la misma especie que el que hemos medido. La medida de cada uno de ellos será por consiguiente el producto de su altura por la mitad de su base.

Mas : conocer la medida de estos dos triángulos ó conocer la del triángulo que hemos dividido baxando la perpendicular es lo mismo , y esta superficie es una misma ya esté contenida en un solo triángulo , ó ya esté dividida en dos. Por consiguiente , tambien es lo mismo decir acerca del triángulo grande que su medida es el producto de su altura por la mitad de su base , que decirlo acerca de los dos pequeños.

Si la perpendicular cae fuera del triángulo prolongaremos la base hasta el punto en que estas dos líneas se encuentren , y formaremos un triángulo de la misma especie que el que hemos medido al principio.

Por esta operacion tendremos dos triángulos contenidos en uno , y se ve claramente que su superficie es una misma , ya sea que la consideremos en el triángulo grande , ya sea que la consideremos en los dos en que este queda dividido.

Por consiguiente , lo mismo será me-

dir esta superficie , tomando el producto de la altura del triángulo total por la mitad de su base , que tomando separadamente el producto de la altura de los dos triángulos parciales por la mitad de su base. Estas dos operaciones se reducen á lo mismo , y no hay entre ellas mas diferencia , sino que en la una hacemos de dos veces lo que en la otra hacemos de una.

Es pues visible la identidad en las dos proposiciones siguientes : *el triángulo grande que hemos formado prolongando la base hasta la perpendicular , tiene por medida el producto de su altura por la mitad de su base : cada uno de los triángulos contenidos en el triángulo grande tiene por medida el producto de su altura por la mitad de su base.*

Pero qualquiera que sea la forma de un triángulo , podemos siempre baxar desde su vértice una perpendicular , la qual caera ó sobre la base , ó sobre la prolongacion de esta. Por consiguiente , siempre podremos convencernos por una serie

de proposiciones idénticas de que su medida es el producto de la mitad de su altura por su base. La demostracion es pues aplicable á todos los triángulos, y esta verdad : *la medida de todo triángulo es el producto de su altura por la mitad de su base* no admite excepcion alguna.

He elegido esta proposicion, no solamente para presentar un exemplo, sino para que me sirva de principio que pueda conducirnos á otros conocimientos. Por esta misma razon voy á demostrar que *los tres ángulos de un triángulo son iguales á dos rectos*; porque esta es una verdad que necesitamos conocer.

Línea recta es aquella que va directamente desde un punto á otro: es aquella cuya direccion no varía, ó que conserva en toda su longitud la misma direccion en que comienza: es la línea mas corta entre dos puntos; es la que rodando por sus dos extremos rueda por toda su longitud sobre sí misma, sin que ninguna de sus partes se disloque. Vemos que todas estas expresiones no son sino diferentes

modos de explicar una misma idea , y que todas suponen la idea que parece que definen.

Una idea compuesta de otras muchas es fácil de definir , porque basta expresar las ideas de que ella se forma. Diciendo por exemplo que un triángulo es una superficie terminada por tres líneas le definimos indudablemente ; y esta definicion tiene un carácter muy distinto del de las pretendidas definiciones que se dan de la línea recta. En efecto , la definicion del triángulo daría idea de esta figura á qualquiera que no hubiese observado triángulo alguno : por el contrario , las definiciones de la línea recta no darian idea de ella al que jamas hubiese visto una línea recta.

Esto consiste en que no adquirimos las ideas quando estas son simples por medio de los sentidos. Si trazamos una línea con un compas haremos una curva; si la trazamos con una regla haremos una recta. Es verdad que no tenemos seguridad alguna de que esta línea sea efec-

rivamente una recta , puesto que no la tenemos de que la regla misma lo sea; pero en fin nos parece una línea recta la que es trazada con una regla ; y aunque esta apariencia pueda ser falsa no por eso dexa de ser la idea de una línea recta. Considerando la línea recta y la línea curva , advertiremos que la primera es propiamente una , y que la segunda está formada de muchas líneas que se cortarían si las prolongásemos. Pero aun quando dixésemos : *la línea recta es una , la línea curva es múltipla*, no definiríamos ni la una ni la otra. Vemos pues que hay cosas que no debemos pensar en definir.

Una línea es perpendicular á otra quando no se inclina hacia ningun lado de esta , ó quando no está inclinada ; quando forma de una y otra parte de aquella sobre la qual cae dos ángulos iguales , ó dos ángulos rectos , ó dos ángulos , de los quales cada uno tiene noventa grados , ó es medido por la quarta parte de una circunferencia de círcu-

lo. Todas estas expresiones son tambien sinónimas é idénticas para todo aquel que conoce la significacion de las palabras.

Línea obliqua es aquella cuya direccion está inclinada hácia la direccion de otra línea ; ó aquella que , prolongada hasta el punto en que encontrase á otra línea , hiciese con ella dos ángulos desiguales , ó dos ángulos , de los cuales el uno tuviese mas de noventa grados y el otro ménos.

Dos líneas rectas son paralelas quando en toda su longitud los puntos de la una estan igualmente distantes de los puntos correspondientes de la otra ; ó quando todas las líneas rectas , tiradas desde los puntos de la una á los puntos correspondientes de la otra , son iguales.

Podemos advertir en primer lugar , que la posicion de una recta no es otra cosa mas que la relacion de su direccion á la direccion de otra recta , y que por consiguiente dada su direccion está determinada su posicion.

En segundo lugar , que una linea no

puede tener con respecto á otra sino una de las tres posiciones, á saber: ó la perpendicular, ó la obliqua, ó la paralela.

Finalmente, la posicion de una línea con relacion á otra es recíproca: si la una es paralela á la otra, esta otra es paralela á la primera; si la una es perpendicular á la otra, esta otra le es igualmente perpendicular; si la una es obliqua á la otra, esta otra le es tambien obliqua, y cada una forma con la otra dos ángulos cuya desigualdad es igual.

La inspeccion sola de los términos basta para convencernos de que todas estas proposiciones son idénticas, y de que por consiguiente no son del número de aquellas que debemos empeñarnos en demostrar. Réstanos ir por una serie de proposiciones idénticas á esta conclusion: *los tres ángulos de un triángulo son iguales á dos rectos.*

Suponer que $E G$ es perpendicular á $A B$ es suponer que forma con $A B$ dos ángulos iguales, ó dos ángulos rectos.

F. 5^a Suponer que esta recta está prolon-

gada por debaxo de $A B$, es suponer que está prolongada en la direccion $E G$. Por consiguiente, si suponemos que $G F$ es esta prolongacion, suponemos tambien que $G F$ lo mismo que $E G$ forma con $A B$ dos ángulos iguales; porque si los dos ángulos fuesen desiguales, el uno sería mayor que el ángulo recto, y el otro menor. Luego $G F$ estaría inclinada; luego no sería la prolongacion de $E G$ lo qual es contra lo supuesto.

Por consiguiente $E F$, así en su parte inferior como en su parte superior es perpendicular á $A B$; y esto es lo mismo que decir que $A B$ es perpendicular á $E F$; porque suponer que $A B$ está inclinada hácia $E F$, sería suponer que $E F$ estaba inclinada hácia $A B$; supuesto que, como ya hemos dicho, la posicion de una línea con respecto á otra es siempre recíproca.

Pero si prolongamos la línea $E F$ hasta el punto H , es claro que seguirá la direccion dada por los puntos $E G$,

y que será recta en toda su longitud.

Esto supuesto, decir que CD es paralela á AB , es lo mismo que decir que forma sobre EH ángulos iguales á los que forma AB sobre la misma línea; y decir que forma ángulos iguales es decir que corta á la EH en ángulos rectos. En efecto, si supusiésemos lo contrario, la supondríamos inclinada sobre EH ; y suponiendo en ella una inclinacion que no tiene AB , supondríamos que no era paralela á esta última.

Ahora bien, decir que CD corta á EH en ángulos rectos, es lo mismo que decir que EH corta á CD en ángulos rectos. Por consiguiente está demostrado que una recta perpendicular á otra es perpendicular á todas las líneas paralelas hasta las quales sea prolongada, ó que hará con todas ángulos rectos.

Luego si esta línea está inclinada, ó es obliqua con respecto á otra, lo estará igualmente con respecto á las paralelas á esta última; porque suponer que no estaba igualmente inclinada con respecto

á todas sería suponer que no era recta, ó que las líneas que cortaba no eran paralelas.

F. 6^a

Por consiguiente F.G está igualmente inclinada respecto de A.B que respecto de C.D. Pero decir que está igualmente inclinada hácia la una que hácia la otra, es lo mismo que decir que forma por la parte hácia la qual se inclina ángulos iguales con cada una de las paralelas; ó lo que es lo mismo que el ángulo q exterior á las dos paralelas es igual al ángulo interior u; y que el ángulo interior s es igual al ángulo exterior y.

Tambien es evidente que de los ángulos formados al otro lado de la F.G, el exterior p es igual al interior t, y el interior r al exterior x. Para hacer esta verdad mas perceptible no habia necesidad mas que de volver la figura de arriba á baxo.

Por otra parte, si en la primera figura la línea que corta perpendicularmente á las dos paralelas forma con cada una de estas dos ángulos rectos; en

la segunda la línea que las corta obliquamente forma con cada una de estas dos ángulos, que juntos son iguales á dos rectos. Porque la obliquidad de la línea FG , que hace por exemplo el ángulo q desigual á p , no puede alterar el valor que tienen estos dos ángulos juntos. En efecto, para percibir la identidad del valor de los dos ángulos de la segunda figura con el valor de los dos ángulos de la primera, basta considerar que así en la una como en la otra los dos ángulos tienen igualmente por medida una semicircunferencia de círculo.

Por consiguiente, el ángulo p es igual á dos rectos menos el ángulo q ; igualmente el ángulo t es igual á dos rectos menos el ángulo u , pero el ángulo u es igual al ángulo q ; luego si de cantidades iguales restamos cantidades iguales las restas seran iguales; luego el ángulo p y el ángulo t son iguales.

FG en la parte superior de la línea B está inclinada hácia el punto B , y en la parte inferior hácia el punto A :

suponer que estas dos líneas son rectas es suponer que su inclinacion por debaxo de la línea B es la misma que su inclinacion por encima de la línea B, porque si no fuese la misma la una de las dos líneas sería recta. Pero decir que la inclinacion hácia el punto A es la misma que la inclinacion hácia el punto B, es lo mismo que decir que F G forma con el lado A un ángulo igual al que forma con el lado B; y que el ángulo r es igual al ángulo q. Del mismo modo se probará que el ángulo p es igual al ángulo s, el ángulo t al ángulo y, y el ángulo u al ángulo x. Estos ángulos son opuestos por el vértice, luego los ángulos opuestos por el vértice son iguales.

En efecto, es evidente que el ángulo r es igual á dos rectos menos el ángulo p; y que el ángulo q es igual á dos rectos menos el ángulo p. Cada uno de estos es igual á dos rectos menos una misma cantidad, luego son iguales entre sí.

Pero decir que el ángulo r es igual al ángulo q que le es opuesto por el vértice, es decir que es igual á qualquiera otro ángulo, al qual sea igual el ángulo q . Hemos visto que el ángulo q es igual al ángulo u , luego el ángulo r es igual al ángulo u . Por la misma razon s es igual á t , p á y , y q á x . Esto es lo que expresamos quando decimos que los ángulos alternos son iguales.

F. 7.^a Sea ahora FG paralela á de . Aquí vemos dos ángulos alternos en a y d , y otros dos en c y e ; por consiguiente a es igual á d , y c es igual á e . Pero los ángulos a , b , c son iguales á dos rectos; luego los ángulos d , b , e son iguales á dos rectos; luego los tres ángulos de un triángulo son iguales á dos rectos.

Los dos exemplos que he considerado en este capítulo son mas que suficientes para dar á conocer que la evidencia de razon consiste únicamente en la identidad. Por otra parte, yo los he escogido

como ya he advertido , porque son dos verdades que nos conduciran á otras.

CAPÍTULO II.

CONSIDERACIONES ACERCA DEL *método expuesto en el capítulo anterior.*

Hemos visto claramente que toda la fuerza de la demostracion de la magnitud del triángulo consiste unicamente en la identidad. Observemos que hemos comenzado por la definicion de la palabra *medir* ; que esta definicion se halla en todas las proposiciones siguientes , y que, variando solamente en la forma del discurso , está expresada en cada una de las proposiciones por términos diferentes.

La imposibilidad de comparar inmediatamente la definicion de la palabra *medir* con la del triángulo , nos pone en la necesidad de dar á una misma idea en el languages diferentes transformaciones

Pero es evidente que para pasar de este modo por una serie de proposiciones, y para descubrir la identidad de una definicion con la conclusion de un razonamiento es preciso conocer perfectamente las cosas que tenemos que comparar. No hubiéramos demostrado la medida de un triángulo, si no hubiéramos tenido ideas exâctas y completas de lo que es *medir*, *rectángulo*, *triángulo*, *superficie*, *lado*, *diagonal*. Formémonos pues ideas completas de cada una de las figuras, y no habrá alguna de estas que no podamos medir exâctamente. El método que hemos seguido es aplicable á todos los casos en que no nos faltan ideas; y ya podemos entrever que todas las verdades matemáticas no son sino diferentes expresiones de esta definicion primitiva. *Medir es aplicar sucesivamente á todas las partes de una magnitud una magnitud determinada.* Así es que todas las matemáticas forman una ciencia inmensa, contenida en la idea de una sola palabra.

No siempre podemos, como en el

exemplo que acabo de presentar , dar á una definicion primitiva todas las transformaciones necesarias ; pero tenemos métodos que suplen por este , y podemos hacer sucesivamente con respecto á todas las partes de una idea , aquello que no podemos hacer con respecto á la idea total.

Un número grande , por exemplo , no puede ser expresado sino de un solo modo , y la aritmética no suministra medio alguno para variar su expresion. Pero si considerando inmediatamente dos números grandes , no puedo descubrir aquello en que son idénticos , puedo á lo ménos descubrir la identidad que hay entre sus partes , y por este medio conocer todas las relaciones. En esto se fundan las quatro operaciones de la aritmética , que aun podemos reducir á dos , á saber : la adicion y la substraccion. Por consiguiente, quando digo : *seis y dos son ocho* , es lo mismo que si dixera , *seis y dos son seis y dos* ; y quando digo : *seis ménos dos son quatro* , es lo mismo que si dixera : *seis ménos dos son seis ménos dos*.

Es pues claro que la evidencia aritmética consiste en la identidad , y si á seis más dos doy la denominacion de ocho, y á seis ménos dos la denominacion de quatro , varío las expresiones únicamente con el fin de facilitar las comparaciones , y de hacer perceptible la identidad.

Se ve pues que no nos es posible jamas llegar á una demostracion sino por una serie de proposiciones idénticas ; bien sea que executemos nuestras operaciones con ideas totales , bien sea que las executemos succesivamente con cada una de las partes de esta. El estudio del cálculo algebráico nos hace ver que la utilidad de este método consiste en facilitar los medios de comparar un número grande con un número pequeño , y en dar á conocer la identidad que hay entre ellos , sin exígir que los consideremos parte por parte.

Lo dicho basta para hacer ver que la evidencia de razon se funda únicamente en la identidad de las ideas.

CAPÍTULO III.

APLICACION DEL MÉTODO *precedente á nuevos exemplos.*

Antes de ahora he tenido ocasion de manifestar que podemos distinguir dos especies de esencias. Pero para desenvolver el arte de racionar es preciso considerar tres casos diferentes.

1.^o Ó conocemos la propiedad primera de una cosa , aquella propiedad que es el principio de todas las demas , y entónces esta propiedad es la esencia propriamente dicha ; la llamaré *verdadera ó primera*.

2.^o Ó conociendo solamente propiedades secundarias , advertimos una , de la qual podemos decir que es el principio de todas las demas. Esta propiedad puede ser considerada como esencia con relacion á las qualidades que ella explica ; pero en realidad no es una esencia propriamente dicha , y la llamaré *segunda*.

3º Sucede á veces que entre las propiedades secundarias no vemos cosa alguna que pueda explicar todas las demas: en este caso no conocemos la esencia primera, ni la esencia segunda, y nos es imposible formar definiciones. Para dar conocimiento de una cosa no nos queda mas arbitrio que hacer la enumeracion de sus qualidades; tal es por exemplo la idea que nos formamos del oro.

Hemos visto que quando conocemos la esencia verdadera podemos demostrar con precision todas las relaciones: pero es fácil juzgar que quando solo conozcamos la esencia segunda, habrá en esta relaciones que no podremos demostrar, y tambien otras que no podremos descubrir.

¿Queremos juzgar de la fuerza y de la exâctitud de una demostracion? Cerciorémonos de la especie de esencia comprehendida en las definiciones acerca de las quales raciocinamos.

Pero es claro que por débil que sea la facultad de darnos razon de nuestras ideas no nos será difícil cerciorarnos de

si conocemos la esencia verdadera , ó la esencia segunda , ó de si no conocemos esencia ninguna.

El oro es amarillo , dúctil , maleable. Pero ¿ qual es la causa de que un metal tenga qualidades que otro no tiene ? Si no sabemos subir á una qualidad primera que nos dé razon de esto , es evidente que no sabremos demostrar la relacion de un metal con otro. Por consiguiente , no nos queda mas arbitrio que hacer la enumeracion de las qualidades de ambos metales , y comparar las del uno con las del otro. Si se me pregunta tambien ¿ por qué el cuerpo es extenso , y por qué el alma es sintiente ? quanto mas reflexione acerca de esto , tanto mas veré que no se lo que responder. Yo ignoro pues la verdadera esencia de estas dos sustancias.

Sin embargo , yo considero que todas las qualidades que veo en los cuerpos suponen la extension , y que todas las que percibo en el alma suponen la facultad de sentir. Puedo por consiguiente

te considerar la extension como la esencia segunda del cuerpo , y la facultad de sentir como la esencia segunda del alma.

Si ratiocino ahora acerca de estas dos substancias es claro que solo puedo comparar la esencia segunda de la una con la esencia segunda de la otra ; porque no podré comparar una esencia verdadera que no conozco con otra esencia que tampoco conozco. Comparo pues la esencia segunda del cuerpo con la esencia segunda del alma , y principio por esta definicion : *el cuerpo es una substancia extensa.*

Pero yo puedo variar la expresion de esta definicion , y representarme el cuerpo como dividido en partes pequeñas ó en átomos ; y en este caso será una materia sutil , un aire muy suelto , un fuego muy activo. Pero qualquiera que sea la forma que yo dé á esta definicion , siempre me será imposible llegar á una proposicion idéntica con *substancia que siente.* Puedo por consiguiente convencerme de que , partiendo desde la idea de substancia extensa , no tengo medio alguno

para probar que esta substancia es la misma que la substancia sintiente. Réstame comenzar por la idea de substancia sintiente , y hecho esto habré apurado los medios de hacer acerca de esta materia los descubrimientos posibles.

Decir que el alma es una substancia que siente , es decir que es una substancia que tiene sensaciones.

Decir que tiene sensaciones , es decir que tiene una sensacion sola , ó dos á un mismo tiempo , ó mas.

Decir que tiene una sensacion , ó dos &c.^a , es decir , ó que estas sensaciones causan en ella impresiones casi iguales , ó que una ó dos causan en ella una impresion mas particular.

Decir que una ó dos sensaciones causan en el alma una impresion mas particular , es decir que el alma las advierte mas particularmente , y que las distingue de todas las demas.

Decir que el alma advierte mas particularmente una ó dos sensaciones , es decir que les presta su atencion.

Decir que presta su atencion á dos sensaciones , es decir que las compara.

Decir que las compara , es decir que percibe entre ellas alguna relacion de diferencia ó de semejanza , ó lo que es lo mismo que juzga.

Decir que juzga , es decir que forma un solo juicio , ó que forma sucesivamente muchos.

Decir que forma sucesivamente muchos juicios , es decir que reflexiona.

Por consiguiente , reflexionar no es sino cierto modo de sentir , ó la sensacion transformada. Vemos que esta demonstracion tiene el mismo carácter que aquella de la qual hemos inferido : *la medida de un triángulo es el producto de su altura por la mitad de su base*. La identidad produce la evidencia de la una y de la otra.

Ya debe sernos fácil aplicar este método á todas las operaciones del entendimiento y de la voluntad ; pero observemos que al paso que adelantamos nos alejamos del punto de percibir alguna identidad entre estas dos proposiciones:

el alma es una substancia que siente , el cuerpo es una substancia extensa. Mas digo : y es que puedo probar que el alma no puede ser extensa , y he aquí la demostracion.

Decir que una substancia compara dos sensaciones , es decir que tiene á un mismo tiempo dos sensaciones.

Decir que tiene á un mismo tiempo dos sensaciones , es decir que se reunen en ella dos sensaciones.

Decir que en una substancia se reunen dos sensaciones , es decir que estas se reunen ó en una substancia que es una propiamente , y que no está compuesta de partes , ó en una substancia que es una impropriamente , y que en realidad está compuesta de partes , cada una de las quales es una verdadera substancia.

Decir que dos sensaciones se reunen en una substancia que es una propiamente , y que no está compuesta de partes , es decir que estas sensaciones se reunen en una substancia simple , ó en una substancia inextensa. En este caso está de-

mostrada la identidad entre la substancia que compara , y la substancia inextensa; por consiguiente está demostrado que el alma es una substancia simple. Veamos el segundo caso.

Decir que dos sensaciones se reunen en una substancia compuesta de partes, que son cada una de ellas otras tantas substancias , es decir que todas dos se reunen en una misma parte , ó que no se reunen en esta substancia , sino porque la una pertenece á una parte , á la parte A por exemplo , y la otra á una otra parte , á la parte B. Aquí tenemos dos casos diferentes. Comenzemos por el primero.

Decir que dos sensaciones se reunen en una misma parte , es decir que ó se reunen en una parte que es una propiamente , ó en una parte compuesta de otras muchas.

Decir que se reunen en una parte que es una propiamente , es decir que se reunen en una substancia simple , y por consiguiente está demostrado que el alma es inextensa.

29. Decir que se reúnen en una parte compuesta de otras muchas , es tambien decir ó que se reúnen en una parte que es simple , ó que la una de las sensaciones está en una parte , y la otra en otra.

Decir que una de estas sensaciones está en una parte de estas partes , y la otra en otra , es decir que la una está en la parte A y la otra en la parte B : este caso es el mismo que el que nos faltaba considerar.

Decir que la una de estas dos sensaciones está en la parte A y la otra en la parte B , es decir que la una está en una substancia , y la otra en otra substancia.

Decir que la una está en una substancia , y la otra en otra substancia , es decir que ellas no se reúnen en una misma substancia.

Decir que no se reúnen en una misma substancia , es decir que una misma substancia no las tiene al mismo tiempo.

Decir que una misma substancia no las tiene al mismo tiempo , es decir que no puede compararlas.

Está pues demostrado que , siendo el

alma una substancia que compara , no es una substancia compuesta de partes , ó una substancia extensa. Por consiguiente el alma es una substancia simple.

El método que acabamos de seguir nos manifiesta el punto hasta el qual nos es lícito penetrar en el conocimiento de las cosas. La esencia segunda basta para probar que dos substancias se diferencian , pero no basta para medir con precision la diferencia que hay entre ellas.

Es por consiguiente muy fácil no suponer la evidencia de razon en donde no la hay : para esto no es necesario mas que procurar traducir á proposiciones idénticas las demostraciones que creemos haber hecho. Esta es la piedra de toque, este es el único medio de instruirnos en el arte de raciocinar.

Por este medio conoceremos de que modo llegan á faltarnos las ideas ; como por falta de estas dexamos de ver la identidad de las proposiciones , y como debemos conducirnos para no incluir en nuestras consecuencias mas que aquello que

nos es lícito conocer. Si consideramos nuestra ignorancia acerca de la naturaleza de las cosas , seremos muy circunspectos en nuestras aserciones , y conoceremos que con todos los esfuerzos de que somos capaces no podremos esclarecer aquellos objetos , que un principio superior que es el único capaz de esclarecerlos no nos ha permitido conocer. Pero si Dios nos ha condenado á la ignorancia , no nos ha condenado al error: no juzguemos pues sino de aquello que vemos , y estemos seguros de que no nos engañaremos.

CAPÍTULO IV.

DE LA EVIDENCIA DE sentimiento.

En nosotros suceden muchas cosas que nosotros mismos no advertimos ; y aun hemos pasado por un tiempo en que era cortísimo el número de cosas que advertíamos. Un niño no necesita segu-

ramente de un esfuerzo extraordinario de su memoria para acordarse de lo que ha sucedido en su alma. Los descubrimientos que ha hecho por sí mismo no pueden ménos de ser muy recientes; y así es que se halla no pocas veces en el caso del *Aldéano metido á Caballero* que hablaba prosa sin saberlo. Esta es una ventaja, cuyo valor tal vez no conocerá el niño, pero que le libraré de muchas preocupaciones.

Esto no obstante sentirá todas las cosas que suceden en él, porque estas no son sino modos de ser de su alma; y los modos de ser de esta substancia no son con respecto al niño mas que los modos de existir, ó los modos de sentir de él mismo. Esto nos manifiesta que es precisa cierta destreza para discernir por sentimiento todo lo que pasa en nosotros. La metafísica es la única ciencia que conoce este secreto, y la que nos enseña en cada instante que hablamos prosa sin saberlo. Confieso que no nos enseña otra cosa; pero es preciso inferir de aquí

que sin la metafísica seríamos muy ignorantes.

Los Cartesianos creen que hay ideas innatas; los Malebranquistas se figuran que lo ven todo en Dios; y los discípulos de Locke dicen que no hay mas que sensaciones. Todos creen que juzgan segun lo que sienten, pero esta misma diversidad de opiniones prueba que ninguno de ellos sabe consultar al sentimiento.

No tenemos pues la evidencia de sentimiento siempre que creemos tenerla; por el contrario, podemos engañarnos ya sea dexando escapar una parte de lo que sucede en nosotros, ya sea suponiendo lo que no sucede, ya sea desfigurandonos lo que sucede.

Dexamos escapar una parte de lo que sucede en nosotros. ; Hay en las pasiones tantos motivos secretos que influyen en nuestra conducta! Esto no obstante nosotros no lo sospechamos; y estamos intimamente convencidos de que estos motivos no tienen parte alguna en nues-

tras determinaciones , y abrazamos la ilusión por la evidencia.

Cada instante producen en nosotros sensaciones que el sentimiento no nos manifiesta , y que sin saberlo nosotros determinan nuestros movimientos , y velan sobre nuestra conservacion. Yo veo una piedra próxima á caer sobre mí , y huyo de ella ; la idea del dolor ó de la muerte se presenta á mi alma ; siento esta idea , y obro en consecuencia de este sentimiento. Mientras uno presta su atención á lo que lee se ocupa únicamente de las ideas que se le presentan , y no advierte que tiene el sentimiento producido por las palabras y por las letras. Estos exemplos nos hacen ver que necesitamos de la reflexiön para juzgar con seguridad de todo lo que sentimos. Por consiguiente , creer que siempre hemos sentido como actualmente sentimos , es suponer que nunca hemos sido niños , y por lo tanto es haber dexado escapar muchas cosas de las que han sucedido en nosotros.

Suponemos en nosotros lo que no hay; porque tan luego como el sentimiento dexa escapar una parte de lo que sucede en nosotros, resulta que supone en nosotros lo que no hay. Si acerca de las pasiones ignoramos los verdaderos motivos que nos determinan, imaginamos otros que ó no tienen parte alguna, ó tienen muy poca en nuestras acciones: hay tan poca diferencia entre imaginar y sentir, que es sumamente natural que creamos sentir en nosotros aquello que nos imaginamos que debe suceder en nosotros.

Hagamos reparar á un hombre que se pasea todas las vueltas que da en un jardín, y preguntémosle por que ha paseado por una calle mas bien que por otra. Este hombre podrá respondernos: *siento que he sido libre en elegir, y que si he preferido esta calle á las demas es únicamente porque he querido.*

Esto no obstante puede ser que este hombre no haya exercido en esto un acto de libertad, y que se haya dexado llevar tan necesariamente como un ser im-

pelido por una fuerza extraña. Pero tiene el sentimiento de su libertad, le extiende á todas sus acciones; y porque siente que es libre muchas veces cree sentir que lo es siempre.

Un manco tiene el sentimiento de la mano que le han cortado. Refiere á la mano el dolor que experimenta, y dice: *estoy seguro de que aun tengo mi mano.* Pero el recuerdo de la operacion que ha sufrido previene este error que la vista y el tacto destruirian.

En fin nos desfiguramos lo que sucede en nosotros. Por exemplo; tenemos por natural lo que es hábito, y por innato lo que es adquirido; y un Malebranchista no duda que quando está próximo á caerse de un lado, su cuerpo no se echa naturalmente hácia el otro. Es natural al hombre el andar; y no es á fuerza de experiencias y de tentativas como los niños se forman un hábito de mantener su cuerpo en equilibrio? Diga lo que quiera Malebranche, no es la naturaleza la que regla los movimientos de nuestro cuerpo sino el hábito.

Entre todos los medios que tenemos para adquirir conocimientos, no hay uno solo que no pueda engañarnos. En metafísica nos extravía el sentimiento, en física la observación, en matemáticas el cálculo; pero así como hay leyes para calcular bien y para observar bien, las hay igualmente para sentir bien, y para juzgar bien de aquello que se siente.

No hay duda en que no podemos li-songearnos de discernir siempre todo lo que sucede en nosotros, pero esta ignorancia no es un error; y nosotros descubriremos en ella tanto mayor número de cosas, quanto mayor sea el cuidado con que evitemos los otros dos inconvenientes. Porque las preocupaciones que suponen en nosotros lo que no hay, ó que nos desfiguran lo que hay, son un obstáculo en los descubrimientos, y un manantial de errores. Según estas preocupaciones juzgamos de lo que no vemos, y substituyendo lo que nos imaginamos á lo que es, nos formamos fantasmas. Las preocupaciones nos ciegan acerca de nosotros,

así como acerca de todo lo que nos rodea.

No podremos pues cerciorarnos de la evidencia de sentimiento , sino en quanto estemos ciertos de que no suponemos en nosotros lo que no hay , y de que no nos disfrazamos lo que hay. Si conseguimos uno y otro descubriremos por este medio cosas que ántes ni aun hubiéramos podido sospechar , y viéndonos con corta diferencia como somos , no dexaremos escapar sino aquello que es enteramente imposible coger.

Pero jamas sucederá el suponer en sí lo que no hay , si jamas se desfigura lo que hay. Si damos á nuestras acciones motivos que no tienen , es únicamente porque queremos ocultarnos aquellos que nos determinan , y no creemos haber sido libres en el momento en que no hemos hecho uso alguno de nuestra libertad , solo porque nuestra situacion no nos ha permitido advertir la poca parte que tenia nuestra eleccion en nuestros movimientos, y la fuerza de las causas que nos arrastraban. No es pues necesario mas que no

desfigurarnos lo que sucede en nosotros, para evitar los errores que el sentimiento puede causarnos. Por consiguiente, todas las equivocaciones en que incurrimos quando consultamos el sentimiento, provienen únicamente de que nos desfiguramos lo que sentimos; porque desfigurarnos lo que hay en nosotros es no ver aquello que hay en nosotros, y ver aquello que no hay.

CAPÍTULO V.

DE UNA PREOCUPACION QUE NO *permite cerciorarse de la evidencia de sentimiento.*

No hay hombre alguno que no esté inclinado á juzgar que tiene la evidencia de sentimiento, siempre que juzga segun aquello que él cree sentir. Esta preocupacion es un manantial de errores. Aquel solo tiene la evidencia de sentimiento que, sabiendo despojar el alma de todo lo que ella habia adquirido, no

confunde jamas el hábito con la naturaleza. Así es que negamos con razon al mayor número esta evidencia que á primera vista parece ser el patrimonio de todo hombre. Cada uno siente que exíste, que ve , que oye , que obra , y ninguno se engaña en quanto á esto. Pero quando se trata del modo de exístir , de ver, de oír y de obrar ¿ quantos hay que sepan evitar el error? Y sin embargo, ¿ quien es el que no apela al sentimiento?

Algunas veces hemos advertido la admiracion que les causa á aquellos hombres sumamente ignorantes el oír hablar una lengua extranjera ; estos hombres sienten que hablan la suya tan naturalmente que creen sentir que su lengua es la sola natural. Tan groseramente como estos hombres se engañan acerca de su lengua , se engañan los filósofos acerca de otros objetos. Vemos al cuerpo comenzar á desenvolverse , y pasar de la edad de debilidad á la edad de fuerza. El sentimiento no puede engañarnos en quanto á esto , y nadie se ha atrevido á decir

que el cuerpo del hombre no está jamás en la infancia : este es tal vez el único absurdo que los filósofos han dexado de decir ; pero por ventura es ménos absurdo pensar que el alma ha nacido con todas sus ideas y todas sus facultades ? ¿ No basta observarse para ver que el alma tiene sus principios en el desenvolvimiento de sus facultades y en la adquisicion de sus ideas ? Digamos mas : si sobreviene en ella alguna diferencia , esta no le es seguramente ventajosa , porque es preciso que el alma haga los mismos progresos que el cuerpo. Pero generalmente todos estamos inclinados á creer que siempre hemos sentido como sentimos actualmente , y que la naturaleza sola nos ha formado tales quales somos. Esta preocupacion es la que es preciso destruir , porque mientras subsista , el testimonio del sentimiento será indefectiblemente muy equívoco.

Pero no podemos ocultarnos que el alma adquiere la facultad de reflexionar , de imaginar y de pensar , así como el cuer-

po adquiere la facultad de moverse con destreza y agilidad. Tambien nos acordamos del tiempo en que no teniamos idea alguna de ciertas artes y de ciertas ciencias. Á las circunstancias y al estudio debemos la eloqüencia, la poesía y los pretendidos dones de la naturaleza; y la única ventaja que traemos al nacer es la de tener órganos mas bien dispuestos. Aquel cuyos órganos reciben impresiones mas vivas y mas variadas, y contrae mas fácilmente hábitos, llega á ser segun la especie de sus hábitos poeta, orador, filósofo &c.^a mientras que los demas permanecen en el estado en que los puso la naturaleza. No escuchemos á los que repiten constantemente : *no seremos mas que aquello para que hemos nacido. El poeta nace, el orador y el filósofo se hacen.* Este es el language de la vanidad que habla segun la preocupacion.

Hay qualidades que estamos seguros de haber adquirido, porque nos acordamos del tiempo en que no las teniamos ¿no es este un motivo para conjeturar que

no hai qualidades algunas que no háyamos adquirido? ¿Por qué el alma adquirirá en una edad avanzada lo que no ha adquirido en una edad tierna? ¿Yo me veo hoy obligado á estudiar para instruirme, y en mi niñez yo me hallaba instruido sin haber estudiado! Es verdad que la memoria no conserva vestigio alguno de estos primeros estudios, pero el sentimiento que nos advierte hoy de aquellos que hacemos, no nos dexa llegar á dudar de aquellos que hemos hecho.

Pero se dirá ¿si no tenemos recuerdo alguno de los primeros momentos de nuestra vida, como es posible que podamos ponernos en situacion de sentirnos tales quales hemos sido? ¿Como es posible que podamos darnos el sentimiento de un estado que no existe, y del que no podemos recordarnos?

La ignorancia precipita siempre sus juicios, y considera como imposible todo aquello que no comprehende. La historia de nuestras ideas parece un roman-

ce enteramente quimérico á los entendimientos destituidos de penetracion, y á quienes sería mas facil acallar que ilustrar. ; Quantos descubrimientos se han hecho en la física y en la astronomía que han sido reputados por imposibles por los ignorantes de otros tiempos ! Los ignorantes de hoy dia estan sin duda muy propensos á negarlos, sin embargo callan, y los mas astutos ocultan su falta de ilustracion por un consentimiento tácito.

No se trata de formar la historia de los pensamientos de cada individuo, porque cada individuo tiene alguna particularidad en el modo de sentir, bien sea porque hay siempre alguna diferencia entre los órganos de los individuos, bien sea porque no todos se han hallado en las mismas circunstancias. Pero tambien hai una organizacion comun : todos tienen ojos, aunque estos sean diferentes ; todos tienen sensaciones de color, aunque no todos perciben los mismos matices en los objetos. Tambien hai circuns-

tancias generales : tales son las circunstancias que enseñan á cada individuo á proveer á sus necesidades , valiéndose de los mismos medios.

Podemos pues representarnos los efectos de aquello que hay de comun en la organizacion , y de general en las circunstancias , y juzgar por este medió de la generacion de nuestras facultades , así como del origen y de los progresos de nuestras ideas.

Lo mas esencial es discernir bien quales son las cosas acerca de las quales nos ilustra el sentimiento , y qual es el grado de luz que recibimos. Porque si es cierto que sentimos todo lo que sucede en nosotros , no lo es ménos que no advertimos todo aquello que sentimos : el hábito y la pasion nos llenan continuamente de ilusiones. Para conocernos es preciso ante todas cosas observarnos en aquellas circunstancias generales en que las pasiones son ménos capaces de engañarnos , y en que podemos mas fácilmente separarnos de nuestros hábitos.

Es imposible preguntar al sentimiento acerca de lo que nos ha sucedido en la niñez. Pero si consideramos estas circunstancias generales que han sido unas mismas en todas las edades, es evidente que lo que sentimos hoy día nos hará juzgar de lo que hemos sentido ántes, y estaremos autorizados para inferir una cosa de otra. Por este medio, por exemplo, veremos que la necesidad es el principio del desenvolvimiento de las facultades. De aquí es que hay algunas circunstancias en que el hombre hace pocos progresos, mientras que en otras crea las artes, las ciencias, y los diferentes sistemas que son las bases de las sociedades: pero creo haber probado ya suficientemente estas cosas, y debo por lo tanto pasar á otros exemplos.

CAPÍTULO VI.

EXEMPLOS PROPIOS PARA
manifestar como podemos cerciorarnos
de la evidencia de sentimiento.

Voy á proponer algunas questões para resolverlas , y cada uno examinará lo que le responda el sentimiento.

PRIMERA QÜESTION.

¿ *Se siente el alma á sí misma independientemente del cuerpo?* Adviértase que no pregunto si el alma puede sentirse sin el cuerpo. He dicho , y he probado muchas veces que el alma es una substancia simple , y por consiguiente enteramente diferente de una substancia extensa. Ya hemos visto que no hay relacion alguna entre los movimientos que se executan en los órganos , y los sentimientos que experimentamos. De aquí hemos inferido que el cuerpo no obra por

sí mismo sobre el alma; que no es la causa propiamente dicha de sus sensaciones, sino la ocasion, ó como se dice comunmente la causa ocasional. Pero esta cuestión pertenece á la evidencia de razon, y ahora solo se trata de la evidencia de sentimiento. Vuelvo pues á la primera cuestión, la qual voy á presentar baxo diferentes puntos de vista. Esta es una precaucion para no precipitar cosa alguna.

¿Se siente á sí misma un alma ántes de estar unida á cuerpo alguno? En vano consultamos al sentimiento, porque este no nos responderá cosa alguna: nosotros no nos hemos hallado en este caso, ó no nos acordamos de haber estado en él, que es lo mismo.

Si se pregunta á qualquiera ¿vuestra alma, unida como está á vuestro cuerpo, se siente á sí misma? responderá sin vacilar que sí. Este hombre tiene la evidencia.

Pero ¿como se siente á sí misma? Como si estuviese difundida en todo nues-

tro cuerpo. Es evidente que sentimos un objeto que tocamos como si nuestra alma estuviese en nuestra mano; que sentimos un objeto que vemos como si nuestra alma estuviese en nuestros ojos, y que en una palabra parece que todas nuestras sensaciones estan en los órganos, los quales son únicamente la causa ocasional de ellas.

Este juicio está fundado en la evidencia. Porque si el sentimiento puede engañarnos quando queremos juzgar del modo con que sentimos, ya no puede hacerlo quando le consultamos para juzgar solamente del modo con que nos parece sentir.

El sentimiento demuestra pues que las partes del cuerpo parecen sensibles; pero quando tratamos de saber si estas partes lo son ó no lo son, ya no nos demuestra cosa alguna, porque así en uno como en otro caso las apariencias serian unas mismas. Esta cuestión es pues de aquellas que podemos resolver por la evidencia de sentimiento.

SEGUNDA QÜESTION.

¿Podrá el alma sentirse á sí propia sin referir sus sensaciones á su cuerpo , ó sin tener idea ninguna de su cuerpo ?

Antes de responder á esta pregunta es preciso preguntar de que sensaciones se trata ; porque puede muy bien suceder que aquello que sea cierto con respecto á las unas , no lo sea con respecto á las otras.

¿ Se trata de las sensaciones del tacto ? Es evidente que sentir un cuerpo , y sentir el órgano que le palpa son dos sentimientos inseparables. Yo no siento mi pluma sino porque siento mi mano que la tiene. En este caso las sensaciones del alma se refieren al cuerpo y me dan una idea de él.

Pero no sucede lo mismo si se trata de las sensaciones del olfato. Así como es evidente que con sus solas sensaciones mi alma no podrá dexar de sentirse , lo es también que no le será po-

sible formarse idea de algun cuerpo. Limitémonos por un momento al órgano del olfato; nos formaremos ideas de color, de sonido, de extension, de espacio, de figura, de solidez, de pesantez &c.^a He aquí sin embargo las cosas de las quales nos formamos las ideas que tenemos de los cuerpos. ¿Quales son pues nuestras ideas en esta suposicion? Sentimos los olores quando nuestro órgano está afectado, y en estos olores tenemos el sentimiento de nosotros mismos: si no recibe impresion alguna nuestro órgano, en este caso no tenemos ni el sentimiento de los olores, ni el sentimiento de nuestro ser. Por consiguiente estos olores no se nos manifiestan sino como diferentes modificaciones de nosotros mismos: nos vemos á nosotros en cada uno de ellos, y nos vemos modificados de diferente modo. Por consiguiente, creeríamos que íbamos siendo sucesivamente todos los olores, y no podríamos creer que éramos otra cosa. Esto es evidente, aunque solo en la suposicion que hago, y en la qual es preciso colocarnos.

¡Mas digo: y es que aun con todos nuestros sentidos no podríamos concebir con bastante viveza una idea abstracta para percibir únicamente nuestro pensamiento. En este momento no percibiríamos nuestro cuerpo; la idea de este no se nos presentaría, no porque él dexase de obrar sobre nuestra alma, sino porque nosotros dexaríamos de advertir las impresiones que él nos enviaba.

He aquí lo que ha engañado á los filósofos. Hallándose estos muy ocupados de una idea, olvidan lo que su alma debe á su cuerpo: se han figurado que ella no le debe cosa alguna, y han considerado como innatas algunas ideas que tienen su origen en los sentidos.

TERCERA QUÉSTION.

¿Vemos distancias, magnitudes, figuras y situaciones desde el momento mismo en que abrimos los ojos?

Parece que debemos verlas. Pero si esta apariéncia puede ser producida de

dos modos , el sentimiento , segun el qual nos apresuramos á juzgar , no dexará por eso de ser evidente. El efecto de la vision es uno mismo para nosotros , bien sea que la vision se haga únicamente en virtud de la organizacion , ó bien sea que se haga en virtud de los hábitos que hemos contraido. Es preciso pues exâminar si vemos magnitudes , distancias &c^a porque estamos organizados para verlas naturalmente , ó si hemos aprendido á verlas.

Estoy seguro de que las sensaciones de color no son en mi alma sino diferentes modos de sentirse á sí misma ; ó que no son mas que sus propias modificaciones. Yo quiero pues suponerme limitado á la vista : pregunto ¿ juzgaré acerca de estas modificaciones , así como juzgo de los olores que no están sino en mí mismo ? Ó las juzgaré repentinamente fuera de mí en objetos de cuya existencia no tengo aun idea alguna.

Si yo tuviese solo el sentido del tacto concibo que me formaria ideas de distancias , de figuras &c^a bastariame re-

ferir al extremo de mis manos y de mis dedos las sensaciones que recibiese ; en este caso mi alma se extiende , por decirlo así , á lo largo de mis brazos , se difunde en mi mano , y encuentra en este órgano la medida de los objetos. Pero no sucede lo mismo en la suposición que antes he hecho. Mi alma no irá por lo largo de los rayos á buscar los objetos lejanos. Es pues indudable que nada es aun capaz de hacerla juzgar de las distancias.

Si el alma no juzga de las distancias , no juzga tampoco de las magnitudes ni de las figuras ; pero es inútil entrar en mayores pormenores acerca de este asunto.

Ninguno puede decir : *estoy seguro de que me he sentido quando mi alma no habia aun recibido sensacion alguna ; pero sí puede decir : estoy seguro de que siento actualmente que yo las recibo.* Ni estaria mas autorizado para decir : *estoy seguro de que yo no me sentia quando mi cuerpo no habia aun hecho impresion alguna sobre mi*

alma. La evidencia de sentimiento no puede pasar de aquí. Pero suponiendo que un alma sintiese únicamente porque tuviese sensaciones, se podría preguntar ¿quales serian sus facultades? ¿Si tendria ideas? ¿Si estas serian de todas especies? ¿Como el alma las adquiriria? ¿Quales serian sus progresos? Pero ya sabemos responder á estas preguntas.

Me parece que la evidencia de sentimiento es la mas segura de todas; porque si no estamos seguros de aquello que sentimos ¿de qué cosa podremos estarlo? Sin embargo, no hay evidencia de la qual nos sea mas difícil cerciorarnos que de la evidencia de sentimiento.

Hallándonos siempre inclinados á juzgar con arreglo á las preocupaciones, confundimos el hábito con la naturaleza, y creemos que siempre hemos sentido como sentimos actualmente. No somos sino hábito, pero á causa de no saber como se contraen los hábitos, juzgamos que la naturaleza sola nos ha hecho lo que somos.

Es preciso librarnos de esta preocu-

pacion , y no imaginarnos que la naturaleza lo ha hecho todo por nosotros , y que no nos queda cosa alguna que hacer.

Si en este capítulo he examinado algunas cosas que ya sabiamos , es porque para llegar á conocer como nos cercioramos de la evidencia de sentimiento , el medio mas sencillo es observar como por este medio hemos adquirido conocimientos.

CAPÍTULO VII.

DE LA EVIDENCIA DE HECHO.

Advertimos que experimentamos diferentes impresiones que nosotros no producimos. Pero todo efecto supone una causa ; luego hay una causa que obra sobre nosotros.

Descubrimos en nosotros órganos sobre los quales obran los seres que nos rodean por todas partes , y vemos que nuestras sensaciones son un efecto de esta accion sobre nuestros órganos. No po-

demoS dudar que descubrimos estas cosas porque el sentimiento nos lo demuestra.

Llamamos *cuerpos* todos los seres á los quales atribuimos esta accion.

Si reflexionamos sobre nosotros mismos descubriremos que solo llegamos á conocer los cuerpos quando estos obran sobre nuestros sentidos. Aquellos cuerpos que no obran sobre nuestros sentidos son con respecto á nosotros como si no existiesen; y si llegamos á conocer nuestros mismos órganos es únicamente porque los unos obran mutuamente sobre los otros. Si no tuviésemos mas sentido que el de la vista nos sentiriamos de un modo particular, y ni aun sabriamos que teniamos ojos.

... Pero ¿como conocemos los cuerpos? ¿Como - conocemos aquellos de que estan formados nuestros órganos, y aquellos que son exteriores á estos? Vemos superficies, las palpamos, y la misma evidencia de sentimiento que nos prueba que las vemos y que las tocamos, nos prueba tambien que no podriamos penetrar mas adentro. No

conocemos pues la naturaleza de los cuerpos : es decir , no sabemos porque nos parecen lo que nos parecen.

Sin embargo , la evidencia de sentimiento nos demuestra la exístencia de estas apariencias ; y la evidencia de razon nos demuestra la exístencia de una cosa que las produce. Porque decir que hay apariencias es decir que hay efectos, y que hay causas.

Llamo *hecho* todo lo que descubrimos en los cuerpos , bien sea que exístan en estos tal qual se nos presenta , ó bien que no haya en los cuerpos cosa alguna semejante , y que no descubramos sino las apariencias producidas por propiedades que no conocemos. Es un hecho que los cuerpos son extensos , y otro que estan dotados de color , aunque no sepamos por que nos parecen extensos , y dotados de color.

La evidencia debe excluir toda especie de duda ; luego la evidencia de hecho no puede tener por objeto las propiedades absolutas de los cuerpos , ni pue-

de darnos á conocer lo que estos son en sí mismos , supuesto que ignoramos enteramente su naturaleza.

Pero sean en sí mismos lo que fueren, es indudable que no puedo dudar de las relaciones que tienen conmigo. Fundada en estas relaciones es como nos ilustra la evidencia de hecho , la qual no puede tener otro objeto. Es una evidencia de hecho que el sol nace , que se pone, y que me alumbra mientras que está sobre mi horizonte. Conviene pues tener presente que siempre que digo que una cosa es evidente de hecho , hablo únicamente de las propiedades relativas. Pero tambien es preciso acordarnos de que estas propiedades relativas prueban propiedades absolutas , así como el efecto prueba la causa. Por consiguiente la evidencia de hecho supone estas propiedades en vez de excluirlas , y si no forma de ellas su objeto es porque nos es imposible conocerlas.

CAPÍTULO VIII.

DEL OBJETO DE LA EVIDENCIA

de hecho , y de como debemos conducirnos para hacer que concorra con la evidencia de razon.

La evidencia de hecho suministra todos los materiales de la ciencia que llamamos fisica , y cuyo objeto es tratar de los cuerpos. Pero no basta hacer una coleccion de los hechos , sino que es preciso en quanto sea posible disponerlos en un órden que , mostrando la relacion de los efectos con las causas , forme un sistema de una serie de operaciones.

Vemos pues que la evidencia de hecho debe estar siempre acompañada de la evidencia de razon. Aquella da las cosas que hemos observado , esta nos manifiesta las leyes , segun las quales unas cosas nacen de otras. Sería por consiguiente inútil tratar de considerar la evidencia de hecho con separacion de qualquiera otra.

Pero aunque por la evidencia de hecho estemos ciertos de las cosas que hemos observado, no lo estamos siempre de no haber dexado de hacer algunas consideraciones esenciales. Por consiguiente, quando sacamos una consecuencia de una observacion, es necesario que algunas nuevas observaciones confirmen la evidencia de razon. No hay duda en que dadas todas las condiciones la evidencia de razon es cierta; pero á la evidencia de hecho pertenece probar que no hemos olvidado ninguna de las condiciones. Así es que tanto la una como la otra deben concurrir á la formacion de un sistema. No se trata pues de considerar enteramente sola la evidencia de hecho, es preciso que la evidencia de razon la socorra, y que nos conduzca en nuestras observaciones.

Hay algunos hechos que tienen por causa inmediata la voluntad de un ser inteligente, tal es el movimiento de mi brazo. Hay otros que son el efecto inmediato de las leyes á las quales estan

sugetos los cuerpos, y que suceden del mismo modo siempre que son unas mismas las circunstancias. Así es que un cuerpo suspendido cae si cortamos la cuerda que le sostiene. Los hechos de esta especie se llaman fenómenos, y las leyes de que dependen se llaman leyes naturales. El objeto de la física es conocer estos fenómenos y estas leyes.

Para conseguirlo es preciso prestar una atención particular á cada cosa, y comparar con cuidado los hechos y las circunstancias: esto es lo que entendemos por observar, y á los fenómenos descubiertos llamamos observaciones. Pero para descubrir los fenómenos no basta siempre observar, sino que es preciso también valerse de medios propios para aproximarlos, para separarlos de todo lo que los oculta, y para ponerlos al alcance de nuestra vista: esto es lo que llamamos experiencias. Por exemplo, ha sido necesario hacer experiencias para observar la pesantez del aire; y esta es la diferencia que debemos establecer entre fe-

nómeno , observacion y experiencia ; palabras que confundimos muy frecuentemente.

Á los buenos fisicos toca enseñarnos el modo con que debemos conducirnos para hacer que concurra la evidencia de razon con la evidencia de hecho. Sin embargo , mi ánimo no es presentar un curso de fisica , sino dar á conocer como debemos racionar en esta ciencia , y poner á mis lectores en estado de adelantar en ella.

En el libro siguiente vamos á racionar sobre los principios del movimiento , y procuraremos descubrir los primeros principios de la mecánica.

LIBRO SEGUNDO.

EN EL QUE SE MANIFIESTA CON
exemplos como concurren la evidencia
de hecho y la evidencia de razon
al descubrimiento de la verdad.

CAPÍTULO PRIMERO.

DEL MOVIMIENTO Y DE
la fuerza que le produce.

El movimiento, ó lo que es lo mismo la traslacion de un cuerpo de un lugar á otro es el primer fenómeno que advertimos siempre y en todas partes.

La idea de lugar supone un espacio que contiene al universo ; y el lugar de cada cuerpo es la parte que este ocupa en el espacio.

No podemos observar el lugar absoluto de los cuerpos ; no vemos mas que

la situacion en que estan los unos con respecto á los otros. Esto es lo mismo que decir que solo vemos su lugar relativo.

Nos es imposible conocer el movimiento absoluto. Si nos hallamos inmóviles en un aposento estaremos en un mismo lugar con relacion á la tierra; pero pasaremos continuamente desde un lugar á otro, puesto que nos moveremos con la tierra que gira sobre su eje y al rededor del sol. Figurémonos que la tierra es un buque del qual es parte el aposento en que nos hallamos. De esta consideracion inferiremos que todo lo que podemos decir del movimiento y del reposo debe entenderse del movimiento y del reposo relativos.

Pero aunque no conozcamos ni el movimiento ni el reposo absolutos, conocemos sin embargo que una cosa es estar inmóvil sobre la tierra, y otra es estar en movimiento sobre ella. Pero ¿qual es la causa de estos fenómenos?

Quando movemos un cuerpo, quando

nosotros mismos mudamos de lugar ; la causa de este movimiento está acompañada en nosotros de un sentimiento que nos hace advertir alguna cosa que obra, y alguna cosa que resiste á la acción. Á esta cierta cosa que obra damos el nombre de *fuerza* ; y á aquella que resiste el de *obstáculo*. Esto supuesto, nos representamos la idea de *fuerza* como relativa á la idea de *obstáculo* , y ya no concebimos como la fuerza sería necesaria si no hubiese resistencia que vencer.

Sin embargo, el sentimiento no nos manifiesta qual es la causa que produce nuestro movimiento ; y si lo examinamos con atención conoceremos que sentimos mas bien el movimiento que la causa que le produce: pero si estamos distantes de saber lo que produce en nosotros el movimiento, lo estamos aun mucho mas de saber lo que produce el movimiento en aquellos cuerpos, á los quales no podemos atribuir cosa alguna que se parezca á lo que nosotros sentimos.

Por consiguiente, desde el primer paso

que damos nos vemos obligados á reconocer nuestra ignorancia. Estamos ciertos de que existe el movimiento, de que éste tiene una causa, pero ignoramos esta causa. Sin embargo, no hallamos obstáculo alguno que nos impida el darle nombre, y por esta razón le conservaremos el de fuerza.

La velocidad es la ligereza con que un cuerpo corre sucesivamente el espacio; y esto basta para darnos á conocer que no podemos juzgar de la velocidad sino por el espacio corrido en un tiempo determinado; y que juzgaremos que la velocidad de A es dupla de la de B, si en un mismo tiempo corre un espacio duplo.

Para tener pues ideas exâctas de la velocidad es preciso tener la del espacio y la del tiempo. ¿Pero á qué llamamos tiempo? ¿Y á qué llamamos espacio? He aquí dos cosas acerca de las quales los filósofos han dicho muchos absurdos.

Es indudable que recibimos por me-

dio de los sentidos la idea de la extensión de los cuerpos ; es decir de una extensión dotada de color , palpable &c^a. Tambien es indudable que podemos por medio de la abstraccion separar de esta extensión todas las qualidades visibles, tactiles &c^a. Réstanos pues la idea de una extensión enteramente diferente de la de los cuerpos , y esto es lo que llamamos *espacio*.

Las qualidades tactiles que percibimos en los cuerpos nos los representan como impenetrables ; es decir , como incapaces de ocupar un mismo lugar , como estando necesariamente los unos fuera de los otros. Restando estas qualidades por medio de una abstraccion , nos queda un espacio penetrable , en el qual los cuerpos se mueven al parecer.

Pero el que nos formemos idea de este espacio no es una prueba de que él exista , porque no hay cosa alguna capaz de asegurarnos que las cosas son fuera de nosotros mismos tales como nos las imaginamos por abstraccion.

Esto no obstante está demostrado que si no hay vacío es imposible el movimiento qual nosotros le concebimos. ¿Como pues saldremos de estas dificultades? Confesando nuestra ignorancia, y confesando tambien que no conocemos ni el vacío ni el lleno. En efecto ¿como es posible que tengamos una idea exácta de ellos quando no sabemos decir lo que es extension?

Ni es mas tampoco lo que sabemos acerca del tiempo. Juzgamos de la duracion únicamente por la sucesion de nuestras ideas; pero esta sucesion no es de modo alguno fixa. Si conduciéndola fuera de nosotros mismos la atribuimos á todos los seres que existen, nosotros no sabemos lo que les atribuimos. Esto no obstante nos representamos una eternidad que no tiene principio ni fin. Pero ¿no es cierto que las partes de esta duracion son únicamente instantes indivisibles? ¿Como pues forman una duracion? y si ellas duran ¿como se verifica su duracion? Confesemos que todo

esto es incomprehensible. Nosotros no podemos formar duracion y extension sino con duracion y extension ; es decir , que no podremos formarla.

Así como , separando de la extension todas las qualidades sensibles nos formamos la idea del espacio , así tambien conservando á la extension la impenetrabilidad nos formamos la idea de la materia ; es decir , de una cosa uniforme de que estan compuestos los cuerpos. Pero esto tampoco es mas que una idea abstracta ; y ni aun por ella sabemos nosotros mejor lo que es la materia.

Extension , materia , cuerpo , espacio , tiempo , fuerza , movimiento , velocidad son cosas cuya naturaleza ignoramos enteramente. Las conocemos solo en quanto tienen relaciones entre sí y con nosotros ; y de este modo es preciso considerarlas , si queremos considerar la evidencia en nuestros raciocinios. En todos los tiempos los filósofos han estado propensos á realizar sus abstracciones ; ó lo que es lo mismo á suponer sin fun-

damento que las cosas se parecen exactamente á las ideas que se forman de ellas. Así es, por exemplo, como atribuyendo á los objetos la misma fuerza y la misma resistencia que nosotros sentimos, han creído formarse una idea de lo que hay en los cuerpos: y así es como ratiocinando acerca de la fuerza, han creído ratiocinar acerca de una idea exâcta. De aquí han nacido las disputas de palabras, y los absurdos sin término, que no me detendré en refutar, porque llaman nuestra atencion estudios de mas importancia.

CAPÍTULO II.

OBSERVACIONES ACERCA DEL movimiento.

1.^a **U**n cuerpo persevera en su estado de reposo á ménos que alguna causa no le obligue á mudar de lugar; es decir, á tener otras relaciones con los cuerpos que le rodean, ó á estar mas ó ménos

distante de ellos : porque el lugar debe considerarse baxo esta relacion , y nunca absolutamente.

Este es un hecho de que no podemos dudar ; porque vemos que un cuerpo en reposo no pasa á estar en movimiento si una causa extraña no obra sobre él ; pero es preciso no pasar de aquí. Los filósofos nos diran que es propio de la naturaleza de un cuerpo que está en reposo permanecer en el mismo estado, y que hay en él una fuerza , por medio de la qual resiste al movimiento ; y diran esto porque sienten el esfuerzo que se ven obligados á hacer , siempre que quieren mover una cosa. ¿ Pero que idea debemos formarnos de esta naturaleza y de esta fuerza resistente ? He aquí á lo que no saben responder.

2^a. Un cuerpo en movimiento continúa moviéndose uniformemente y en línea recta. Tambien este es un hecho probado por la experiencia ; porque el movimiento no cambia de direccion , ni se acelera ni retarda , y aniquila , sin que nuevas

causas obren sobre el cuerpo movido. Los filósofos que dan razon de todo no dexaran de decirnos , que así como hay en los cuerpos en reposo una fuerza , por medio de la qual resisten al movimiento , así tambien en los cuerpos en movimiento hay una fuerza por medio de la qual resisten al reposo.

Á esta fuerza , por medio de la qual un cuerpo continua , segun ellos , en su estado de reposo ó de movimiento llaman *fuerza de inercia* ; y creen haberse formado de ella una idea tan solo por haberle dado nombre. Veamos nosotros si es posible concebir mejor esto.

Aunque ignoro la naturaleza del movimiento , no puedo dudar de que el movimiento es una cosa muy distinta del reposo. Por consiguiente , para mover es preciso producir un efecto. Pero todo efecto supone una causa , y aunque esta sea de una naturaleza , de la qual yo no me haya formado idea , puedo sin embargo darle el nombre de *fuerza* ; para lo qual basta seguramente que yo esté convencido de su existencia.

Por consiguiente , decir que una fuerza es necesaria para mover un cuerpo, no es decir que haya en este cuerpo una fuerza que resista , sino que el movimiento es un efecto que se trata de producir.

Por otra parte ¿ qué deberemos entender por esta fuerza de inercia que resiste al movimiento ? ¿ Esta fuerza es menor que la fuerza motriz , ó igual á ella ? Si es menor , la cantidad en que la fuerza motriz le excede es una fuerza que no encuentra resistencia : si es igual , no es fácil concebir como el cuerpo puede ser movido , porque dos fuerzas opuestas no pueden producir cosa alguna , mientras que la una no exceda á la otra ; y en el caso de que sean iguales estaran necesariamente en equilibrio.

Para que un cuerpo que está en movimiento quede en reposo hay que destruir un efecto. Y si este cuerpo continua en su movimiento , no es por un efecto de la fuerza de inercia , sino por un efecto de la fuerza motriz que se le ha comunicado.

Así vemos que el movimiento no es mas lento , ni se destruye , sino quando el cuerpo encuentra algun otro obstáculo. Si las fuerzas que obran en direcciones opuestas son iguales no hay movimiento alguno : si la primera fuerza comunicada continua siendo superior no cesa el movimiento , solo se va haciendo mas lento.

Se pregunta si la fuerza motriz es instantanea , y obra únicamente en el primer instante , ó si su acción es continua , y se repite á cada instante. Esta es una cuestión á la qual no sabremos responder. Si la fuerza obra únicamente en el primer instante ¿por qué el cuerpo se mueve tambien en el segundo , en el tercero &c.^a? Á la verdad , no es fácil concebir conexiõn alguna entre el movimiento del segundo instante , del tercero &c.^a y la fuerza que obra únicamente en el primero. Por el contrario, parece que el cuerpo está en cada instante como si comenzase á moverse , y que lo que le sucede en un instante qual-

quiera , no depende de lo que le ha sucedido en los anteriores , ni influye en lo que le sucederá en los demas.

Por consiguiente ¿ la accion de la fuerza se repite en cada instante ? Pero si es necesario que esta fuerza se repita en el segundo ¿ qué es lo que ha producido en el primero ? Si no ha movido al cuerpo ella se repetirá en el segundo , en el tercero , y en todos durante una eternidad que el cuerpo estará sin moverse. Si le ha movido , le ha hecho correr un espacio. Pero no es posible que un cuerpo corra un espacio sino en muchos instantes, lo qual es contrario á la suposicion de que es necesario que la fuerza que ha movido un cuerpo se repita para moverle en los siguientes. No sabremos ciertamente salir de esta dificultad. Si la fuerza es instantanea , no concebimos que el movimiento pueda durar mas de un instante , y si es necesario que se repita , no concebimos que el movimiento pueda reproducirse.

Dexemos pues estas quëstiones , y limitémonos á decir que hay un movimien-

to y una fuerza ; es decir , una causa que la produce , pero de la qual no tenemos idea alguna.

Á la verdad que este principio no nos promete grandes adelantamientos , porque nos descubre enteramente nuestra ignorancia , y nos hace sentir la dificultad de comprehender que en lo succesivo podamos saber cosa alguna. Por lo mismo no podrá ménos de admirarnos el edificio que va á levantarse á nuestra vista.

Pero si he mostrado nuestra suma ignorancia , no ha sido solamente con el fin de llenar de mayor admiracion el ánimo de mis lectores , sino tambien con el fin de conducirlos á los conocimientos por el camino mas corto y mas seguro : y el medio mas propio para conseguirlo será separar las falsas ideas que tenemos acerca del cuerpo , de la materia , del espacio , del tiempo , del movimiento y de la fuerza.

CAPÍTULO III.

DE LAS COSAS QUE HAY QUE
considerar en un cuerpo que está
en movimiento.

Tres son las cosas que hay que considerar en un cuerpo que está en movimiento ; la fuerza , la cantidad de materia y la velocidad. Veamos como podemos juzgar de ellas ; pero tengamos presente que no tenemos idea absoluta de estas cosas , y que únicamente podemos juzgar de ellas comparando un cuerpo con otro.

Toda causa es igual á su efecto. La mas ligera reflexion basta para convencer-nos de esta verdad. Si supusiésemos el efecto mayor que la causa , el exceso del primero sobre la segunda sería un efecto sin causa : si le supusiésemos menor, el exceso de la causa sobre el efecto sería una causa sin efecto , y por consiguiente no sería causa.

Ahora pues: decir que la causa es igual á su efecto , es decir con diferentes términos que la fuerza es igual al movimiento.

Pero mover un cuerpo es lo mismo que mover á un tiempo todas sus partes ; por consiguiente , la fuerza que mueve se distribuye en todas las partes , y se multiplica así como ellas.

Si A dupla de B en masa ó en cantidad de materia corre el mismo espacio en un mismo tiempo , tendrá una fuerza dupla de la de B ; pero si no es uno mismo el efecto , quando cuerpos desiguales en masa corren espacios iguales en un mismo tiempo , tampoco lo es quando , siendo iguales en masa , corren en un mismo tiempo espacios desiguales. Si en un segundo A igual á D en masa corre quatro toesas , mientras que B no corre sino dos , el efecto es duplo en A , el qual por consiguiente tiene una fuerza dupla.

Podemos pues juzgar de la fuerza por la masa y por el espacio corrido en un tiempo dado. Si la masa es dupla , la

fuerza será quádrupla ; porque es necesaria una fuerza dupla para la masa , y otra fuerza dupla para el espacio.

El movimiento por el qual un cuerpo corre un espacio determinado en un tiempo determinado es lo que se llama velocidad. Si la masa y la velocidad son ambas duplas , la fuerza será quádrupla. Esta proposicion es la misma que la anterior.

Tambien podremos expresarlas en otros términos diciendo : que la fuerza es el producto de la masa multiplicada por la velocidad.

La velocidad es mayor segun es mayor el espacio corrido en un tiempo dado. Si en un segundo A corre quatro toesas y B solamente dos , A tiene una velocidad dupla de la de B.

Siendo una misma la velocidad , el espacio corrido será mayor segun el tiempo que el cuerpo esté en movimiento. En este caso A que está en movimiento durante dos segundos corre un espacio duplo del de B que no está en movimiento mas que un segundo.

Si A con una velocidad dupla está en movimiento durante un tiempo duplo, el tiempo corrido será quádruplo.

Por consiguiente, los espacios corridos son entre sí como los productos del tiempo por la velocidad, lo qual expresamos tambien de otro modo diciendo; que estan en razon compuesta del tiempo por la velocidad.

Sabida ya la relacion del espacio con la velocidad y el tiempo, nos bastará conocer el espacio y la velocidad para hallar el tiempo; ó conocer el espacio y el tiempo para hallar la velocidad. Si, por exemplo, el espacio es 12 y la velocidad es 4 dividiremos 12 por 4 y el cociente 3 será el tiempo.

CAPÍTULO IV.

DE LA PESANTEZ.

Si dexamos de sostener un cuerpo que tenemos en la mano cae ; este fenómeno podemos observar en todos los cuerpos que estan cerca de la tierra. Todos descienden si no son detenidos por algun obstáculo. Á esta direccion es á lo que llamamos *pesantez*. Este efecto es producido por una fuerza que no conocemos , y á la qual daremos el nombre de atracción , porque suponemos que un cuerpo no desciende sino porque es atraído hácia el centro de la tierra.

Entendemos por *peso* la cantidad de fuerza con que un cuerpo desciende.

El peso total de un cuerpo es la reunion de los pesos de todas las partículas que le componen. Cada una de estas partículas tiene un mismo peso , bien esté reunida ó bien separada de las demas ; y el cuerpo no puede des-

cender sino como cada una de ellas descenderia separadamente.

Luego los pesos de dos cuerpos estan entre sí como sus masas ; es decir, en razon de la cantidad de materia que contienen.

Síguese de aquí que todos los cuerpos caerian con la misma velocidad si no encontrasen resistencia , y esto lo confirma la experiencia. En la máquina del vacío un pedazo de oro y una pluma llegan al fondo á un mismo tiempo. Pero si dexamos que entre el aire en el cilindro , la pluma desciende con mas lentitud , por quanto encuentra mayor resistencia. La pesantez del aire es la causa de este fenómeno ; porque siendo el aire pesado , como probaremos mas adelante , se concibe que la pluma no puede descender sino en quanto desaloja el aire que tiene debaxo , y al qual hace subir al rededor de ella.

Pero un cuerpo que cae debe desalojar mayor cantidad de aire á proporcion que tiene mayor volúmen ; es de-

cir ; á proporcion que ocupa mayor espacio.

La pluma tiene que vencer una resistencia mayor que la que vence un pedazo de oro , por consiguiente debe caer con mas lentitud.

La atraccion , que consideramos siempre como la causa desconocida de la pesantez , se observa en todas las partículas de la materia. Por exemplo ; qual es la causa de que una gota de agua sea esférica ? El que atrayéndose todas sus partes mutuamente y con igualdad, es menester necesariamente que se coloquen en el órden en que estan , esto es , á la menor distancia las unas de las otras, lo qual no puede suceder sino en quanto , colocándose todos los puntos de la superficie á una misma distancia del centro , pesan todas hácia el centro comun.

Esta atraccion es visible si aproximamos dos gotas de agua , porque apenas se tocan no forman mas que una.

Lo mismo observamos en las gotas de los metales fundidos , de lo qual pode-

mos inferir que todas sus partes se atraen mutuamente.

Si estas gotas se aplastan quando tocan una superficie plana , es por un efecto de la atraccion de esta superficie.

Representémonos la tierra y los planetas como otras tantas gotas de agua, y comprehendemos como todos los cuerpos de que estan formados , y todos los que estan á cierta distancia de su superficie , gravitan hácia un mismo centro. Podremos congeturar , que si es necesario que dos gotas de agua se toquen para atraerse , los planetas , teniendo una masa infinitamente mayor , deben atraerse á una mayor distancia.

Vemos pues en todos los cuerpos una atraccion recíproca , así como la vemos en todas las partes de uno solo ; y podemos inferir que todos los cuerpos y corpúsculos difundidos en el universo gravitan los unos hácia los otros. Á esto es á lo que llamo *gravitacion universal*.

Si no descubrimos siempre esta atraccion entre los cuerpos que estan sobre

la superficie de la tierra , es porque , teniendo esta una materia infinitamente mayor , los atrae con tanta fuerza , que su tendencia recíproca llega á ser insensible. Hay algunos filósofos que no admiten esta atracción. Tales son los Cartesianos. La razon en que se fundan es que no podemos formarnos una idea de ella. Por lo mismo tratan de explicar los fenómenos por la impulsión , y no advierten que la impulsión es una causa igualmente desconocida. Por el contrario, los Neutonianos no admiten impulsión alguna , y se fundan solamente en que no comprehenden como la impulsión sea capaz de producir los fenómenos. Pero no es necesario entrar en esta disputa : bástanos haber examinado las observaciones hechas acerca de este punto , y juzgar si todas ellas concurren á establecer la atracción.

CAPÍTULO V.

DE LA ACELERACION DEL
movimiento en la caída de los
cuerpos.

Observamos que un cuerpo que cae corre una pértica inglesa, ó quince pies de Francia, ó diez pasos geométricos en el *F. 8^a* primer segundo. Por exemplo, cae de A en B.

Pero si considerando la fuerza que le hace descender como una impulsión que se le ha dado al principio de su caída, suponemos que no recibe otra impulsión, continuará de segundo en segundo descendiendo por espacios iguales B c, c d, d E, E f &c^a y los espacios corridos serán los mismos que los segundos.

Pero realmente no es así como desciende, y vemos que su caída se acelera de segundo en segundo. Por consiguiente nos hemos engañado quando hemos supuesto que el cuerpo no recibe nuevas impulsiones.

En efecto , si en A la pesantez que hace caer el cuerpo hasta B , puede ser considerada como una primera impulsión, en B debe ser considerada como una impulsión segunda , puesto que la pesantez continua siendo una misma en B que en A : inferiremos pues que en B el cuerpo recibe una segunda impulsión igual á la primera. Pero dos impulsiones iguales deben hacerle correr un espacio duplo. Luego caerá desde B hasta *d* en el mismo tiempo que ha tardado en caer desde A hasta B ; y si no recibiese nuevas impulsiones continuaria corriendo en cada segundo espacios tales como *d f* , *f h* iguales á B *d*.

Pero así como en B al principio del segundo tiempo el cuerpo ha recibido una segunda impulsión , recibe una tercera en *d* en donde comienza el tercer tiempo. Por consiguiente correrá un espacio igual á tres veces A B : descenderá en el tercer segundo desde *d* hasta *g* , y los espacios corridos de segundo en segundo serán como los números 1 , 2 , 3 , 4 &c.^a

No hay duda en que este sería un movimiento uniformemente acelerado ; y como nos sentimos inclinados á creer que en la naturaleza todo se hace uniformemente , desde luego estaríamos propensos á suponer que así es como el movimiento se acelera en la caída de los cuerpos : pero esto sería también una equivocacion , y la observacion que debe ser nuestra única regla nos manifiesta que la aceleracion aumenta con arreglo á otra proporcion ; por-

F. 8a. que el cuerpo cae en tres segundos desde A hasta K , quando segun nuestra suposicion no debe caer mas que hasta q.

Hemos supuesto que habiendo llegado el cuerpo al punto B , la pesantez le dá una segunda impulsion igual á la que le habia dado en el punto A , y hemos inferido que el cuerpo cae desde B hasta d en un tiempo igual al que tarda en caer desde A hasta B.

Esto era suponer que la pesantez no obraba sino por intervalos , y solamente al principio de cada segundo ; pero esta suposicion es falsa , porque no dexan-

do el cuerpo de ser pesado, la pesantez no dexa de obrar. Por consiguiente, esta tiene una accion que se repite sin intervalo en cada parte de cada segundo, y que por consiguiente acelera el movimiento á cada instante. El cuerpo al principio de su caida no tiene pues una impulsion para caer hasta B en un segundo, sino que recibe esta impulsion parte por parte succesivamente, y cae desde A hasta B por un movimiento acelerado.

Pero á causa de que no podemos representarnos la lei de esta aceleracion hecha en un tiempo tan corto, consideramos que la pesantez obra solo al principio de la caida, y suponemos que la impulsion que hace caer al cuerpo desde A hasta B le ha sido dada de una vez.

Así mismo suponemos que quando el cuerpo comienza á caer desde el punto B recibe de una vez una segunda impulsion igual á la primera; y porque estas dos impulsiones no bastan para hacerle caer tanto como la observacion demuestra, no nos queda mas arbitrio que

suponer que el cuerpo recibe al tiempo de caer una tercera impulsión igual á cada una de las otras dos.

Pero así como la primera impulsión le ha hecho correr el espacio A B en el primer tiempo, así tambien tres impulsiones, iguales cada una á la primera, deben en el segundo tiempo hacerle correr un espacio igual á tres veces A B; por consiguiente el cuerpo descenderá hasta E.

Puesto que él ha recibido dos nuevas impulsiones en el segundo tiempo, puedo suponer que recibirá tambien dos nuevas en el tercero. Por consiguiente será movido por cinco impulsiones, y caerá en K.

En fin, puedo suponer que el número de las impulsiones se aumenta de dos en cada tiempo, y que ellas estan de un segundo á otro en la razon de los números 1, 3, 5, 7, 9 &c^a por consiguiente, los espacios corridos seguiran esta misma progresion. La observacion confirma esto mismo, y por lo tanto se conforma con las suposiciones que acabamos de hacer.

Si distinguimos las impulsiones , y nos las representamos creciendo segun la progresion 1 , 3 , 5 , 7 , 9 &c^a es con el fin de auxíliar nuestra imaginacion. Así como el cuerpo ha recibido la primera impulsion succesivamente mientras que descendia desde A hasta B , así tambien ha recibido succesivamente las dos nuevas impulsiones que se juntan con la primera. Pero en fin , quando el cuerpo está en E , la fuerza de las impulsiones que ha recibido es igual á la fuerza de las tres impulsiones que hemos supuesto , y en quanto á la substancia importa poco que el cuerpo haya recibido por grados y succesivamente cada una de estas impulsiones , ó que las haya recibido solamente en tres veces , y cada una de una vez.

Si consideramos la accion de la pesantez como una impulsion mas bien que como una atraccion , es tambien con el fin de auxíliar nuestra imaginacion ; porque estamos mas familiarizados con la idea de una fuerza que impele , que con la idea de una fuerza que atrae.

El modo con que acabamos de raciocinar acerca de la aceleracion y del movimiento en la caída de los cuerpos, se reduce únicamente á hacer varias pruebas ó tentativas. Hemos hecho una suposicion, y nos hemos engañado; hemos hecho otra con el fin de corregir la primera, y hemos continuado haciéndolas, hasta que hemos visto que estaban conformes con la observacion.

He aquí un exemplo de la conducta que frecüentemente nos vemos obligados á observar en el estudio de la naturaleza. Como no siempre podemos observar de la primera vez con precision, y como no nos hallamos en estado de acertar, caminamos de suposiciones á errores, y de errores á suposiciones hasta que por fin hallamos lo que buscamos.

Así es como se han hecho los descubrimientos. Ha sido preciso hacer suposiciones, y aun hacerlas falsas; y estas especies de errores eran útiles, porque indicando las observaciones que faltaban que hacer, conducian á la verdad.

Pero hallada la verdad no se prueba por las suposiciones, sino por la conformidad de estas con la observacion; ó mas bien por la observacion solamente. Si los fenómenos no demostrasen la ley que sigue la aceleracion en la caída de los cuerpos, habria muy poca certeza en las consecuencias que sacasemos de un principio tan desconocido como la pesantez.

Está pues demostrado por la observacion, mucho mas que por nuestros raciocinios, que el movimiento de un cuerpo que cae se acelera de modo que los espacios descritos en tiempos iguales son como los números 1, 3, 5, 7 &c.^a (a).

(a) *Se demuestra tambien esta verdad por la teoría de Galileo, y por otros métodos que son aun mas difíciles de comprender para el comun de los lectores. Como yo no necesito mas que del hecho, me he contentado con hacerle perceptible por medio de las suposiciones.*

Conocida esta ley vemos que hay una relacion entre los tiempos y los espacios corridos, y advertimos fácilmente que la suma de los espacios es igual al quadrado de los tiempos; es decir, al número de los tiempos multiplicados por sí mismo. Por exemplo; un cuerpo que cae durante 4 segundos, corre 16 pérticas; porque 16 es el quadrado de 4 multiplicado por sí mismo.

Tambien advertimos, que si arroja-
mos un cuerpo de abaxo arriba la pesantez
debe retardar su movimiento en la mis-
ma proporcion que acelera el de un
cuerpo que cae. Si en el primer segun-
do el cuerpo que sube corre 7 pérticas,
en el segundo correrá 5, 3 en el ter-
cero, y 1 en el quarto. En el mismo
intervalo de tiempo pierde subiendo la
misma cantidad de fuerça que habria ad-
quirido baxando.

Por este medio podemos conocer la
altura á que sube un proyectil, v. g.
una bomba. Para esto no hay mas que
observar el número de segundos que ha

pasado desde que se aplicó fuego al mortero hasta el momento en que cae la bomba : la mitad de este número será el tiempo de la caída. Ahora bien ; hemos visto que el quadrado del tiempo es igual al número de pérticas ; por consiguiente , si este tiempo es 10 la bomba habrá subido á 100 pérticas.

CAPÍTULO VI.

DE LA ROMANA.

F. 9^a **E**sté la línea B , en la qual señalamos hacia cada uno de sus extremos muchos puntos , á igual distancia del centro. Si esta línea se mueve sobre su centro , los puntos describirán arcos , que serán entre sí como las distancias. Estos arcos son los espacios corridos en un mismo tiempo por todos los puntos.

Pero hemos visto que los espacios corridos son el producto del tiempo por la velocidad. Luego siendo el tiempo uno

mismo para todos los puntos, las velocidades son entre sí como el espacio, y por consiguiente como las distancias al centro. Colguemos algunos cuerpos en estos puntos. Sabemos que la fuerza es el producto de la masa por la velocidad, y acabamos de ver que las velocidades son en este caso como las distancias. Por consiguiente la fuerza con que cada cuerpo se dirija hácia abaxo será como el producto de su masa por su distancia.

F. Supongamos dos cuerpos iguales en
 10. masa, y cada uno de ellos á igual distancia del centro; por exemplo, en el punto 10: es claro que cada uno de ellos obrará contra el otro con igual fuerza. A empleará para hacer que suba B la misma fuerza que B para hacer que suba A; por consiguiente ninguno de los dos subirá ni baxará. Este es el caso del equilibrio.

Si reduciendo A á la mitad de su masa le colocáremos á una distancia dupla, por exemplo, en el punto 6, mientras que B está en el punto 3 es evi-

dente que A ganará en fuerza por el aumento de la distancia lo que ha perdido por la diminucion de su masa ; por consiguiente tambien en este caso habrá equilibrio.

Los cuerpos colgados de este modo se llaman pesos ; luego los pesos estan en equilibrio quando siendo iguales , estan á igual distancia del centro ; ó quando siendo desiguales la masa del grande es á la masa del pequeño , como la distancia del pequeño es á la distancia del grande. Así es que no habrá equilibrio entre B cuya masa es 6 , y A cuya masa es 3 sino en el caso de que la distancia de B sea 3 , y la de A sea 6.

De aquí se sigue que en los casos de equilibrio el producto de los pesos por la distancia es uno mismo por una y otra parte , y que el equilibrio se destruye quando los productos son diferentes. El producto no varía , ya sea que se multipliquen 3 de masa por 6 de distancia , ó 6 de masa por 3 de distancia : y por lo mismo A y B estaran en equilibrio. Pero si variamos la distancia de

qualquiera de los dos , variarian los productos , y el equilibrio cesará.

Vemos pues que las fuerzas son entre sí como los productos. Si A , peso de 4 libras , está en la quarta division, tendrá una fuerza igual á la de B , peso de 16 libras , que está en la primera ; porque 1 multiplicado por 16 es igual á 16 , así como 4 multiplicado por 4. Si ponemos A en la segunda division, su fuerza será á la de B como 8 es á 16 , porque 2 multiplicado por 4 es igual á 8 , por consiguiente no estaran en equilibrio.

Esto nos hace comprehender como muchos pesos pueden estar en equilibrio con uno solo. Supongamos que A de 2 libras diste como 3 , B de 4 diste como 5, C de 3 diste como 6 : tendremos

2	multiplicado por 3	igual á.....	6
4	multiplicado por 5	igual á.....	20
3	multiplicado por 6	igual á.....	18
Producto.....			44

Es claro que estos tres cuerpos estarán en equilibrio con un peso de 44 libras colocado en la primera division.

Esta línea dividida de este modo representa una romana. La fuerza de un peso colgado de una romana es por consiguiente como el producto del peso por la distancia: esto es lo que expresamos tambien de otro modo diciendo, que la fuerza está en razon compuesta del peso por la distancia.

Una consecuencia de todas estas observaciones es, que dos cuerpos que estan en equilibrio gravitan ambos hacia un mismo centro de gravedad, y que por consiguiente no pueden descender mientras que este centro no descienda.

Esto nos hace ver porque una bola colocada sobre un plano horizontal permanece inmóvil sin embargo de que solo estriba en un punto: y es porque el centro de gravedad, al rededor del qual todas las partes estan en equilibrio, está sostenido por este plano.

Si no hubiese equilibrio la bola roda-

ria hasta que el centro de gravedad estuviese tan baxo como es posible.

De aquí podemos inferir que un cuerpo está sostenido por el punto que sostiene su centro de gravedad; y podemos representarnos como reunida en este centro toda la fuerza con que el cuerpo se dirige hacia la tierra.

La direccion del centro de gravedad es vertical; es decir, que es perpendicular al orizonte, y que va á terminar en el centro de gravedad de la tierra.

F. Si colocamos el cuerpo sobre un plano inclinado vemos que cae, porque el obstáculo que opone el plano no obra en una direccion contraria á la direccion del centro de gravedad. Este obstáculo obra solo obliquamente, y por consiguiente lo único que puede hacer es retardar la caída.

Quando un cuerpo está puesto sobre un plano inclinado, ó la direccion del centro de gravedad pasa por su base, ó por fuera de su base. En el primer caso el cuerpo se escurrirá, en el segundo rodará.

Conviene advertir que el centro de gravedad no es siempre el mismo que el centro de magnitud. Solo pueden estar unidos estos centros, quando el cuerpo es regular y homogeneo. Así como dos cuerpos colgados de una romana no podrian tener sus centros de gravedad á una misma distancia si no fuesen iguales, así tambien las partes de un cuerpo no podrian estar en equilibrio, si la masa y la distancia entre las partes correspondientes no fuesen unas mismas, lo qual no puede hallarse sino en un cuerpo regular y homogeneo.

Se ve la identidad de todas las proposiciones de este capítulo, las quales por consiguiente estan demostradas por la evidencia de razon.

Ahora pues: así como todas estas proposiciones no son sino una expresada de diferente modo, así tambien la palanca, la rueda, la polea y las demas máquinas de que vamos á hablar no son sino una romana construida de diferente modo. Bastará por consiguiente que nos fa-

miliarizemos con las observaciones que hemos hecho sobre la romana , para comprender mediante una simple lectura los capítulos siguientes , en que trataremos de la palanca , de la rueda &c^a. pero conviene advertir que quanto ménos se conozca la romana tanto mas difícil será raciocinar acerca de las otras máquinas.

CAPÍTULO VII.

DE LA PALANCA.

Hemos visto que , dando diferentes formas á una proposicion , nuestro entendimiento descubre verdades que no hubiera descubierto. Así es tambien como construyendo la romana de diferente modo , nuestro brazo levantará cuerpos que de otra manera no hubiera podido moverlos. Las máquinas son con respecto á los brazos lo que los métodos son con respecto al entendimiento.

F. La palanca representada por la línea
 12. A B estriba sobre el apoyo C, en vez de estar pendiente del fiel como sucede en la romana.

Pero si hacemos del punto de suspension un punto de apoyo, es para emplear el fiel en nuevos usos: por lo tanto esta mudanza no hace que la palanca sea una máquina distinta de la romana, sino una misma en quanto á la substancia; y los mismos principios que han explicado los efectos de la una explicaran los efectos de la otra.

Es fácil comprehender que con poca fuerza levantaremos un peso considerable, si la distancia á que estamos del punto de apoyo es á la distancia á que está de él el peso como la fuerza del peso es á la fuerza que empleamos; ó si los productos de la fuerza por la distancia de una parte son iguales á los productos de la fuerza por la distancia de la otra. Con una fuerza capaz de sostener una libra levantaremos un peso de 100 libras, que esté una pulgada de dis-

tancia , si obramos á una distancia de 100 pulgadas.

Si la línea A B se mueve sobre su punto de apoyo , los arcos descritos por los diferentes puntos de ella estaran en razon de sus distancias. Luego las velocidades , y por consiguiente las fuerzas aplicadas á estos puntos seran igualmente como las distancias.

Si el peso D igual á 4 dista como 2 , la potencia P igual á 2 estará en equilibrio , porque dista como 4. La regla es que hay equilibrio siempre que el producto de la fuerza por la distancia de una parte es igual al producto de la fuerza por la distancia de la otra; ó lo que es lo mismo siempre que D es á P como la distancia de P es á la distancia de D.

Luego la fuerza de P podrá ser tanto menor quanto mas se acerque D al punto de apoyo.

Si juntamos muchas palancas por sus extremos produciremos el mismo efecto con una fuerza menor. La figura 13 nos

F. representa tres palancas unidas de este modo, y se ve que si la potencia para estar en equilibrio con el peso 8 debe obrar como 4 sobre el punto A, bastará que obre como 2 sobre el punto B, y como 1 sobre el punto C.

F. Esta regla es la misma con respecto á las palancas corvas; es decir que hay equilibrio quando la distancia de la potencia es á la distancia del peso, como el peso es á la distancia. Pero aquí hay una observacion que hacer, y para esto tomemos por exemplo la palanca A B C, en que B es el punto de apoyo y C la potencia.

Nos engañariamos indefectiblemente si juzgásemos de la potencia por la longitud de la línea B C; porque obrando la potencia en la direccion C D, no tiene en C mas fuerza que la que tendria en D adonde cae la perpendicular tirada desde B á la recta D C; por consiguiente esta perpendicular B D es la distancia de la potencia; en una palabra, no es necesario mas que enderezar

la palanca, é imaginar que la potencia obra en D, así como obraria con una palanca recta cuyo segundo brazo fuese igual á B D.

Hay tres especies de palancas. Unas tienen el punto de apoyo entre el peso y la potencia, y de esta especie son las que acabamos de considerar. Otras tienen la potencia entre el peso y el punto de apoyo, y las últimas tienen el peso entre la potencia y el punto de apoyo.

F. Si en una palanca cuya potencia está
 15. entre el peso y el punto de apoyo dista la potencia de este punto como 1, quando un peso de una libra dista como 8, es preciso que la potencia sea como 8 para que haya equilibrio; y si la trasladamos á un punto que diste como dos del de apoyo será preciso que sea como 4.

F. Si en una palanca cuyo peso está
 16. entre la potencia y el punto de apoyo, el peso que obra como 4 está á 2 de distancia, la potencia que obre como 1 estará en equilibrio, quando se halle á 8 de distancia. Pero si la trasladamos

á 4 será preciso que obre como 2. En una palabra, la lei en todos los casos es que la potencia es al peso, como la distancia del peso á la distancia de la potencia.

- F. Si dos hombres llevan un peso pendiente de la palanca AB , cada uno es con relacion al otro el punto de apoyo de la palanca; y la porcion que lleva B es á la que lleva A como AD es á BD . Si AD es á BD como 2 á 3; y si el peso es de cincuenta libras, B llevará 20 y A 30. Por consiguiente, podriamos colocar el peso de modo que un hombre de mucha fuerza y un niño llevasen cada uno una porcion proporcionada á sus fuerzas.

CAPÍTULO VIII.

DE LA RUEDA.

La palanca no sirve sino para levantar los pesos á poca altura. Para

levantarlos mas nos es preciso valernos de la rueda : en este caso la potencia obra en la circunferencia. Por consiguiente los rayos nos representan palancas, ó brazos de palancas; y la longitud de estos rayos es la distancia á que está la potencia del punto de apoyo.

F. Al rededor del exe que gira con la
18. rueda se enrosca una cuerda, de la qual está pendiente el peso. Por consiguiente, el semidiámetro del exe es la distancia á que está el peso del punto de apoyo; y por lo tanto habrá equilibrio si el radio es al semidiámetro, como el peso es á la potencia. Por exemplo, una libra puesta en el extremo de un radio de diez pies, hará equilibrio con un peso de diez libras, si el semidiámetro del exe es de un pie.

Conviene advertir que á medida que el peso se levanta, se necesita de mayor fuerza para sostenerle; porque enroscándose la cuerda aumenta el diámetro del exe, de lo qual resulta que el peso está á mayor distancia del punto de apoyo.

CAPÍTULO IX.

DE LA POLEA.

La polea es una rueda pequeña fija en un asa ó *armas*, y movable al rededor de una clavija que pasa por su centro.

Lam. Si á los dos extremos de una cuerda que pasa por encima de esta polea ^{2.^a} *F.* atamos dos pesos iguales, habrá equilibrio entre ellos, porque es evidente que estos pesos obran solo en el extremo del diametro. Podemos pues prescindir de la parte superior y de la parte inferior de la polea, y representarnos estos pesos como pendientes de los brazos de una romana á igual distancia del centro de gravedad ó del punto de suspension. Apliquemos pues á esta polea lo que hemos dicho acerca de la romana.

Si estando sujeto un extremo de la cuerda en un gancho, llevamos el otro

por debaxo de una polea movable , y por encima de una polea fixa ; si ademas col-
F. gamos del segundo extremo de la cuer-
 20. da un peso de una libra , y de la polea movable un peso de 2 libras , veremos que debe haber equilibrio entre estos dos cuerpos.

En efecto , esta polea movable es una palanca de la especie de aquellas en que el peso está entre dos potencias. Es claro que no debemos considerar sino el diametro ; y las dos cuerdas representan las dos potencias , cada una de las quales sostiene la mitad de P , porque este peso dista igualmente de la una que de la otra.

F. Con cinco poleas dispuestas como se
 21. ve en la figura 21 , un peso de una libra sostendrá otro de 16 ; porque a que es una potencia igual á 8 , sostiene el peso 16 por medio de la polea inferior A : b igual á 4 sostiene 8 por medio de la polea B : c igual á 2 sostiene 4 por medio de la polea C : d igual á 1 sostiene 2 por medio de la polea

D ; y $\frac{1}{2}$ igual á 1 está en equilibrio con d .

Con una polea mas, un peso de una libra sostendria otro de 32.

Ya es fácil comprehender que se necesita de menor potencia á proporcion que aumenta el número de poleas.

CAPÍTULO X.

DEL PLANO INCLINADO.

Es indudable que necesitamos de mayor fuerza para levantar un cuerpo en la direccion de la perpendicular CB , que para levantarlo en la direccion del plano inclinado AB .

F. Hagamos mover la línea BA sobre
 22. el punto fijo A . Es evidente que al paso que la levantemos, y la aproximemos á confundirse con la perpendicular AD , el plano irá siendo mas inclinado, y que en este caso será necesario una potencia mayor para sostener el peso. Por

el contrario, al paso que la baxemos y aproximemos á confundirse con la horizontal CA , el plano irá siendo ménos inclinado, y será fácil sostener el mismo peso con una potencia menor. En el primer caso el plano inclinado sostiene una parte menor de peso que en el segundo. Estos son hechos de los quales nos convence la experiencia.

- F. Si la potencia P está en equilibrio
 23. con el peso D , quando la línea de traccion TD es paralela al plano; quando esta misma línea dexa de ser paralela cesará el equilibrio, y el peso D se llevará tras sí la potencia P . Es por consiguiente preciso que la línea de traccion sea paralela al plano para sostener un peso con la menor fuerza posible. Tambien este es un hecho que nos confirma la experiencia.

Tomemos pues un plano, cuya longitud sea dupla de la altura, y hagamos pasar la línea de traccion por encima de una polea: P peso de una libra pendiente del extremo de esta línea sos-

tendrá sobre el plano el peso de 2 libras D. Por consiguiente el equilibrio exige que en este caso la potencia sea al peso como la altura del plano es á la longitud.

Pero puesto que el plano sostiene mayor ó menor parte del peso, á proporcion que tiene mayor ó menor altura, podemos generalizar esta regla y decir: la potencia es siempre al peso, como la altura del plano inclinado es á la longitud del mismo: y efectivamente, esta regla es una consecuencia de los hechos que acabamos de exponer; ó no es otra cosa mas que estos mismos hechos expresados de un modo general. Probemos sin embargo si nos es fácil demostrarla por los principios que hemos establecido.

La potencia P obra sobre el centro del peso D; es decir, en el extremo de la línea F D: el peso se dirige á caer en la direccion de la línea D E C perpendicular al horizonte, y efectivamente caeria en esta direccion si no estuviese sostenido en parte por el plano. Podemos

pues considerar á $D F E$ como una palanca corva ó doblada , que tiene su punto de apoyo en F , y veremos que la potencia obra en el extremo del brazo mas largo de la palanca , y que el peso gravita hacia el extremo del brazo mas corto ; es decir , hacia el extremo de la línea $F E$ perpendicular á $D C$, por consiguiente gravita hácia el punto F , y caería perpendicularmente en C si no estuviese sostenido.

Infiere de aquí , que $D F$ expresa lo que dista la potencia del punto de apoyo , y $E F$ lo que dista el peso de este mismo punto. Por consiguiente , estas dos líneas expresan las condiciones necesarias para el equilibrio ; es decir , la relacion de la potencia al peso.

Pero estas dos líneas son entre sí como la altura del plano es á la longitud. $E F$ es á $D F$ como $B A$ es á $A C$; y esto es lo que vamos á demostrar.

Decir que $C F$ es á $D F$ como $B A$ es á $A C$, es decir que los tres lados del triángulo $D E F$ tienen entre sí las

mismas relaciones que los del triángulo $A B C$: porque dada la longitud de los dos lados de un triángulo está determinada la del tercero.

Pero decir que los tres lados del triángulo $C D F$ tienen entre sí la misma relacion que los del triángulo $A B C$, es decir que estos triángulos son semejantes. Réstanos por consiguiente probar que efectivamente lo son.

No hay duda en que son semejantes entre sí si son semejantes á un tercero.

Ahora bien: el triángulo $D E F$ es semejante al triángulo $D C F$. Para convencernos de esto basta observar que cada uno de estos dos triángulos tiene un ángulo recto; que el ángulo $C D F$ es comun á ambos, y que por consiguiente el tercer ángulo del uno es tambien igual al tercer ángulo del otro.

Tambien es fácil comprehender que el triángulo $A B C$ es semejante al triángulo $C D F$; porque vemos que los ángulos $A B C$, $C F D$ son iguales por re-

tos , y que el ángulo DCA es igual al ángulo CAB por alterno interno : con respecto á lo qual conviene tener presente lo que diximos quando observabamos los ángulos que forma una línea que corta dos paralelas.

Está por consiguiente probado que quando un peso está en equilibrio sobre un plano inclinado , lo que dista este mismo peso del punto de apoyo es á lo que dista la potencia del mismo punto, como la altura del plano es á la longitud del mismo ; y por consiguiente , que la potencia es al peso como la altura del plano es á la longitud.

Un cuerpo no descende con la misma velocidad quando cae á lo largo de un plano inclinado , que quando cae perpendicularmente al horizonte : y solo puede descender con una fuerza igual á la de la potencia que le mantuviese en equilibrio. Podemos pues formarnos esta regla general : *la fuerza con que un cuerpo descende á lo largo de un plano inclinado es al peso de este cuerpo como*

la altura es á la longitud del plano. Ahora solo se trata de saber lo que anda sobre la línea A B en el mismo tiempo que llega desde A hasta C.

F. Sea el plano A B C , cuya longitud
24. es el duplo de la altura , y dividamos A C y A B en quatro partes. Supongo que A E , E F , F G y G C son los quatro espacios que un cuerpo debe correr en dos segundos.

Un cuerpo tiene la mitad ménos de fuerza quando cae desde A hasta B , que quando cae desde A hasta C. Debe por consiguiente tener la mitad ménos de velocidad , y por consiguiente no llegar á B sino en quatro segundos.

Pero la pesantez obra en los cuerpos del mismo modo , qualquiera que sea la direccion en que estos se mueven ; es decir , que en tiempos iguales la aceleracion del movimiento sigue la proporcion 1 , 3 , 5 , 7 &c.^a Por consiguiente , así como un cuerpo que cae desde A hasta C corre en el primer segundo el espacio A E , y en el siguiente los

espacios EF , FG , GC ; así tambien el cuerpo que cae desde A hasta B debe en los dos primeros segundos correr el espacio H , y en los dos siguientes los espacios HI , IK , KB . Un cuerpo movido sobre este plano inclinado no llega mas que hasta H en el mismo tiempo que cae perpendicularmente desde A hasta C ; es decir, que en dos segundos no ha baxado sobre la línea AB mas que lo que ha baxado en uno sobre la línea AC ; porque E y H distan igualmente de la horizontal CB .

Si desde C tiramos una perpendicular sobre AB , veremos que caerá precisamente en el punto H ; luego para conocer el espacio que un cuerpo debe correr sobre el plano en el mismo tiempo que tardaria en descender desde A hasta E , no es necesario mas que tirar una perpendicular desde C al plano AB .

Luego que la pesantez obra siempre del mismo modo, se infiere, que sea qual fuere la inclinacion del plano, el cuerpo tendrá la misma velocidad, quando haya

llegado abaxo, que la que hubiera tenido si hubiese caído á lo largo de la perpendicular. Si el plano es mas inclinado, y por consiguiente mas corto, la aceleracion será mas pronta, y mas pronto tambien adquirirá el cuerpo la velocidad: si el plano es ménos inclinado ó mas largo, la aceleracion será mas lenta, y el cuerpo tardará mas en adquirir la misma velocidad, Sea pues qual fuere la línea que describen muchos cuerpos, es indudable que al tiempo de llegar al punto mas baxo todos tienen la misma fuerza, si han caído desde la misma altura.

CAPÍTULO XI.

DEL PÉNDULO.

Lam. **S**upongamos muchos planos inclinados que, pasando por el punto A, terminan en la horizontal BC; y supongamos tambien tiradas perpendiculares desde el punto C á cada uno de estos planos.

3.^a
F.
25.

Tomemos despues un centro á igual distancia de A y de C , y tracemos una circunferencia de círculo por los puntos angulares D E F.

Las líneas A D , A E , A F son cuerdas de círculo : y si tiramos en el otro semicírculo desde el punto C líneas paralelas á las primeras , seran iguales á estas , y estaran igualmente inclinadas. Pero es evidente que estas líneas no son mas que los planos de que acabamos de tratar ; luego un cuerpo descenderá á lo largo de cada cuerda en el mismo tiempo que tarde en correr todo el diametro , ó en caer desde A hasta C.

Por consiguiente , si en un círculo colocado verticalmente se tiran tantas cuerdas como se quiera , un cuerpo empleará siempre el mismo tiempo en correr cada una de estas cuerdas , y este tiempo será igual al que emplearia en correr el diametro. En efecto , podemos advertir que las cuerdas son mas ó ménos largas à proporcion que estan mas ó ménos inclinadas. La pesantez obra siempre per-

pendicularmente , y qualquiera que sea la inclinacion del plano , el cuerpo tiene la misma fuerza quando llega á la horizontal BC , que si hubiera caído perpendicularmente desde A hasta C .

Supongamos pues un cuerpo pendiente del centro M por un hilo , cuya longitud es el semidiámetro del círculo. Descendiendo este cuerpo desde h no puede caer mas abaxo de C ; pero la fuerza que ha adquirido corriendo este espacio puede aun hacerle correr un espacio igual , y por consiguiente subirá hasta E . Quando ha llegado á este punto ha perdido toda su fuerza ; vuelve pues á caer por su pesantez , y adquiere bastante fuerza para subir hasta h , de donde vuelve á caer segunda vez , y así en adelante. Un cuerpo pendiente de este modo , y que pueda estarlo de un cordon ó de un alambre es lo que se llama *péndulo*.

El movimiento de un péndulo desde h hasta C , y desde C hasta E es lo que se llama *vibracion* ú *oscilacion*.

El cuerpo cae por un movimiento acelerado desde *h* hasta *C* en el mismo tiempo que hubiera tardado en caer desde *A* ; y en un tiempo igual sube hasta *E* por un movimiento retardado.

Pero si hubiera caído perpendicularmente desde el punto *A* durante estos dos tiempos, hubiera corrido quatro diámetros del círculo.

Por consiguiente, un cuerpo pendiente del centro *M* emplea en una vibracion el mismo tiempo que emplearia en correr quatro diámetros ; ó lo que es lo mismo en correr ocho veces la altura del péndulo.

Y esta es la proporcion entre el movimiento de vibracion y el movimiento perpendicular, quando suponemos que el péndulo baxa y sube por las cuerdas. Pero como la diferencia entre los arcos del círculo y las cuerdas correspondientes es tanto menor quanto menores son los primeros, se supone que esta proporcion es la misma, quando el péndulo hace su vibracion por el pequeño ar-

co L C K : es verdad que esta suposición no es exácta , puesto que los geómetras nos demuestran que el tiempo del descenso de un cuerpo grave por un arco infinitamente pequeño , es al tiempo del descenso por la cuerda de un mismo arco , como la circunferencia del círculo es á quatro veces su diámetro ; ó con corta diferencia como 355 es á 452. Esto no obstante , las vibraciones por arcos de círculos muy pequeños son de igual duración , puesto que sus duraciones son entre sí como las duraciones iguales del descenso por las cuerdas de estos arcos.

Conviene advertir , que en todo lo que decimos acerca del movimiento , prescindimos del rozamiento y de la resistencia del aire. Pero este rozamiento es tanto mas imperceptible , quanto mayor es la longitud del péndulo , y quanto menor es el arco que este describe.

Si no hubiese rozamiento ni resistencia alguna , puesto una vez el péndulo en movimiento continuaria eternamente sus vibraciones en tiempos iguales.

Quando el péndulo es corto, y los arcos de círculo son grandes, el rozamiento y la resistencia del aire son mas perceptibles, y las vibraciones se hacen en tiempos desiguales: por el contrario, quando es mas largo, y los arcos mas pequeños, podemos sin error sensible considerar las vibraciones como hechas en tiempos iguales, hasta que el péndulo esté en reposo. Estas vibraciones se llaman *isochrones*.

F. El tiempo de las vibraciones es mas
26. ó ménos corto á proporcion que lo son los péndulos; y he aquí qual debe ser esta proporcion. A E B G, y D f B; son dos círculos, cuyos diámetros A B, y D B estan en la razon de 4 á 1.

Ya hemos demostrado, que si un cuerpo cae desde A hasta B en un tiempo determinado, caerá en la mitad de este tiempo solo desde D hasta B.

Tambien hemos demostrado, que un cuerpo tarda en caer por la longitud de la cuerda de un círculo el mismo tiempo que tarda en caer por la longitud del diámetro.

Luego un cuerpo puesto en E tardará en caer por la longitud de la cuerda EB un tiempo duplo del que tardará en caer un cuerpo puesto en f á lo largo de la cuerda fB . Pero se demuestra que, suponiendo semejantes ó muy pequeños los arcos EB y fB , los tiempos de las caidas por estos arcos, ó los tiempos de las semivibraciones son entre sí como los tiempos de las caidas por las cuerdas. Luego el tiempo de la vibracion del péndulo CB es duplo del tiempo de la vibracion del péndulo eB .

Por consiguiente, quando queramos que las vibraciones sean dos veces mas lentas, será preciso hacer que el péndulo sea quatro veces mas largo; y por el contrario, quando queramos que las vibraciones sean dos veces mas rápidas, será preciso hacer que el péndulo sea quatro veces mas corto.

Para medir un péndulo es preciso poder determinar el centro de oscilacion, porque la longitud del péndulo es como la distancia del centro de oscilacion al centro de suspension.

Pero esta materia es una de las mas difíciles, y falta seguramente mucho para que lo que hemos estudiado hasta ahora baste para enseñarnos á encontrar el punto preciso, que es el centro de oscilacion. Limitémonos pues á formarnos una idea de este problema.

F. Representémonos el péndulo CP como una palanca que tiene su punto de apoyo en el centro de suspension C , y prescindiendo enteramente de la pesantez de la palanca, supongamos todo el peso en un punto suspendido, en el punto P .

En esta suposicion es claro que este cuerpo caerá desde P hasta B con una velocidad, que estará en razon de la masa multiplicada por la distancia del centro de gravedad al centro de suspension C ; y el centro de oscilacion será el mismo que el centro de gravedad.

Si hacemos las mismas suposiciones acerca del péndulo cp , que es solo la quarta parte de CP , es evidente que el centro de oscilacion será tambien, con respecto á este péndulo, el

mismo que el centro de gravedad del cuerpo suspendido.

Pero como estos dos péndulos hacen sus vibraciones por arcos que son entre sí como la circunferencia de que son parte , se verificará que p llegará á f , quando P no habrá llegado mas que á B , y habra vuelto al punto de donde salió, quando P llegue á F . Por consiguiente, p hace dos vibraciones mientras que P hace una ; y si , por exemplo , tarda la mitad de un segundo en cada una de sus vibraciones , P tardará en cada una de las suyas un segundo entero.

F. 28. Tambien podemos considerar la palanca suspendida $A C$, prescindiendo de su pesantez , y dividiéndola en quatro partes iguales , poner en la segunda division el peso B de dos libras , y en el extremo el peso C tambien de dos libras.

Las velocidades de B y de C son como sus masas multiplicadas por la distancia á que está de A , y la suma de estos productos es 12. Pero el producto de la masa por la distancia de un cuer-

po de quatro libras puesto en D, en la tercera division, sería igualmente 12; luego las vibraciones de este péndulo se harán con una velocidad media entre la de B y la de C, como si todo el peso se reuniese en D.

Estas suposiciones nos hacen ver, que quanto ménor sea el peso del hilo con relacion al peso del péndulo, tanto menor será el error sensible que cause la pesantez de la palanca; y esto es lo que sucede quando suspendemos un cuerpo considerable de un hilo de acero muy sutil. Se ha observado que un péndulo de 39 pulgadas inglesas y 2 décimas de longitud, concluia cada vibración desde el centro de la bala hasta el punto de suspension en un segundo, ó hacia 3600 vibraciones en una hora. Hízose esta experiencia en un péndulo que pesaba cincuenta libras, y al qual se habia dado una forma lenticular, á fin de que encontrase ménos resistencia en el aire: las vibraciones duraron todo un dia.

F.

29. La experiencia muestra tambien con

corta diferencia el centro de oscilacion de una barra homogenea , y de un mismo espesor en todas sus partes ; porque las vibraciones que hace son *isochrones* con las de un péndulo , cuya longitud es dos tercios de la de la barra.

No entraré en mas pormenores acerca de la mecánica. Los principios que acabo de exponer bastan para manifestarnos como la evidencia de hecho y la evidencia de razon concurren al descubrimiento de la verdad , y como estos principios nos ponen en estado de formarnos idea del sistema del mundo : voy á dar una idea de este mismo sistema por medio de un nuevo exemplo de los raciocinios que se fundan á un mismo tiempo sobre la evidencia de hecho y sobre la evidencia de razon. Vamos á ver que este mundo no es mas que una máquina semejante á la que acabamos de considerar ; esto es , una balanza. Voy á demostrar esta verdad por una serie de proposiciones idénticas con las de este segundo libro.

[illegible]

LIBRO TERCERO.

*COMO LA EVIDENCIA DE HECHO
y la evidencia de razon demuestran
el sistema de Newton.*

CAPÍTULO PRIMERO.

*DEL MOVIMIENTO DE
proyeccion.*

Una bala de cañon disparada horizontalmente continuaria moviéndose con la misma velocidad y en la misma direccion si no encontrase obstáculo alguno ; pero en tanto que la resistencia del aire disminuye su velocidad , la fuerza, en cuya virtud se dirige hácia abaxo , y á que llamamos pesantez , varía su direccion.

Si suponiendo que esta bala no gravita, atendemos únicamente á la resistencia del aire , juzgaremos que seguirá su primera

direccion , perdiendo en cada instante una parte de su velocidad ; porque no se abrirá camino sin apartar las partes del fluido que las resisten ; ella no apartará estas partes sin comunicarles movimiento , y no les comunicará movimiento sin perderle por su parte. Por consiguiente irá adelantando de cada vez con mas lentitud , hasta que en fin quede inmóvil en el aire.

Pero cae porque gravita , y cae incessantemente , porque no cesa de gravitar. Sepárase pues incessantemente de la direccion horizontal y describe una curva. Esto consiste en que obedece á un mismo tiempo á dos fuerzas , cuyas direcciones forman un ángulo. ¿ Pero como obedece á estas dos fuerzas ? ¿ Qual es la ley que sigue ?

Para representarnos esto de un modo sensible supongamos que $T S$ es el plano de un barco que se mueve segun la direccion $T S$ en el canal $H h g G$.

F. Supongamos tambien que $d D$ son dos objetos fixos , por exemplo dos árboles que estan en la ribera ; que $c C$ son dos personas

que estan en la ribera opuesta; y que A B son dos niños que juegan en este barco.

Si en el tiempo que el volante va desde A hasta B, A se encuentra por el movimiento del barco trasladado á *a*, y B á *d*, B recibirá el volante en *b*; por consiguiente, el volante obedeciendo á dos fuerzas, cuyas direcciones forman el ángulo B A *a* ha corrido la línea A *b*, diagonal del paralelogramo A B *b a*; y la ha corrido en el mismo tiempo que hubiera tardado en ir desde A á *a*, si no hubiese tenido mas movimiento que el del barco, ó en el mismo tiempo en que hubiera sido arrojado desde A hasta B si no hubiese tenido mas movimiento que el comunicado por la raqueta en un barco que estuviese quieto.

Esto no obstante, á los niños les parece que el volante se mueve segun la direccion A B, porque en el mismo tiempo que este llega á *b*, ellos se hallan en la línea *a b*, sin haber advertido el movimiento que los ha transportado; y por consiguiente toman *a b* por A B. Pero las personas que estan en la ribera co-

locadas en Cc , y que tienen fixa la vista en los objetos dD no pueden confundir estas dos líneas, y ven al volante ir desde Ab . Si conservando al volante la misma velocidad aumentamos ó disminuimos la del barco, nos será fácil concebir que el volante correrá siempre la diagonal en el mismo tiempo; pero que esta será mas larga ó mas corta. Si el barco camina mas aprisa, la diagonal será mas larga, y terminará por exemplo en el punto n : si camina con mas lentitud, la diagonal será mas corta, y terminará por exemplo en el punto m .

Podemos pues formarnos esta regla general: *un cuerpo movido por dos fuerzas, cuyas direcciones forman un ángulo, corre la diagonal de un paralelogramo en el mismo tiempo que con una sola de las dos fuerzas hubiera corrido uno de los dos lados.*

Se objetaba á Galileo, que si la tierra giraba sobre su exe del Oeste al Este, un proyectil arrojado perpendicularmente al horizonte, no caería en el punto mismo, desde el qual se habia arro-

jado, sino en otro mas ó ménos próximo hácia el Oeste, á proporcion que este punto se hubiese adelantado mas ó ménos hácia el Este, durante el tiempo que el proyectil hubiese gastado en subir y baxar. Esto es precisamente lo mismo que si se hubiera dicho que un volante arrojado desde A hácia B se quedaria atras, y caeria fuera del barco, si mientras que se mueve el barco se moviera segun la direccion A a.

Pero así como el volante obedece á dos direcciones, porque es movido á un mismo tiempo por la fuerza que el barco le comunica, y por la fuerza que le da la raqueta, así tambien el proyectil que hemos supuesto tiene dos direcciones, una perpendicular que es la que le damos, y otra horizontal que es la que le comunica el movimiento de la tierra; por consiguiente, el proyectil debe subir á lo largo de la diagonal que le lleva hácia el Este; y desde el último punto de su elevacion debe descender á lo largo de otra diagonal que le lleva tambien hácia el Este.

Esto es lo que Gálileo respondía, y lo probaba con que en un navio á la vela, lo mismo que en un navio anclado, una piedra cae igualmente desde lo alto del palo al pie de este; juzgando con razon que si la piedra descende perpendicularmente quando el navio está inmóvil, descende obliquamente al orizonte quando el navio se mueve, y que corte la diagonal de un paralelogramo, del qual uno de los lados es igual al espacio que ha corrido el navio, y otro á la altura del palo.

La experiencia pues nos demuestra que un cuerpo movido por dos fuerzas, cuyas direcciones forman un ángulo, corre la diagonal de un paralelogramo en el mismo tiempo que hubiera tardado en correr uno de los dos lados. Veamos ahora como corriendo una serie de diagonales describirá una curva.

F Una bala de cañon movida en la direccion horizontal A B continuaria, como hemos dicho, moviéndose en esta direccion, si la pesantez no la separase de

ella incesantemente ; y si fuese arrojada con una fuerza capaz de hacerla correr 4 pérticas por segundo , correria en 5 segundos 20 pérticas sobre la línea A B.

Del mismo modo , si esta bala , cayendo desde A , no tuviese mas fuerza que la que recibe de su pesantez , continuaria moviéndose en la direccion A E perpendicular al orizonte : y supuesto que en el primer segundo corre una pértica , descendiendo desde A hasta C , en 5 segundos hubiera descendido hasta E , y hubiera corrido 25 pérticas , siendo los espacios como el quadrado de los tiempos.

Pero puesto que es arrojada á un mismo tiempo por dos fuerzas , de las quales la una es capaz de llevarla hasta B en el mismo tiempo que la otra es capaz de llevarla hasta E ; es decir , cada una de ellas en 5 segundos , obedecerá á estas dos fuerzas , y en lugar de llegar á B ó á E llegará en 5 segundos á G.

Si la diagonal A G del paralelogramo A B G E representase la direccion de

la caída, parecería que la bala corría una línea recta; pero puesto que las dos fuerzas obran sin cesar, y que cada una de ellas separa incesantemente la bala de la dirección que la otra procura darle, es evidente que no nos acercaremos á la curva que la bala describe, sino á proporción que la observemos en intervalos mas cortos.

Por consiguiente, si consideramos que en *A* la bala arrojada hácia *C* y hácia *B* se mueve en la diagonal *A b*, y que en *b* arrojada hácia *e* y hácia *f* se mueve en la diagonal *h*, y así sucesivamente hasta *G*, veremos que se mueve en las diagonales 1, 3, 5, 7, 9, cuya serie comienza á formar una curva; y es fácil concebir que, si observásemos el movimiento de la bala en intervalos mas cortos, cada una de estas diagonales sería mas curva todavía.

F. Si esta bala se moviese en una dirección obliqua al horizonte, tal como *AI*, la fuerza de proyección se inclinaria á hacerle correr en tiempos iguales los es-

pacios AB , BC &c^a pero como la fuerza comunicada por la pesantez, la hace descender incesantemente, irá desde A á b en vez de ir desde A á B : correrá pues la diagonal del paralelogramo $ABba$, cuyo lado AB representa la fuerza de proyeccion, y el lado Bb igual á Aa representa la fuerza de pesantez.

Asímismo, en vez de ir desde b hasta M , y en vez de obedecer únicamente á la fuerza de proyeccion, llegará hasta N , porque obedecerá tambien á la fuerza de pesantez, y correrá la diagonal del paralelogramo bMN .

Así es como de diagonal en diagonal no subirá en quatro instantes mas que á la altura del punto O , en vez de que si no hubiera tenido mas movimiento que el de proyeccion hubiera subido hasta el punto E : pero desde O hasta E hay diez y seis espacios, y esto es precisamente lo que debe descender en quatro tiempos, puesto que 16 es el quadrado de 4.

Pero así como ha subido desde A hasta O por un movimiento retardado, des-

cenderá desde O hasta V por un movimiento acelerado. En vez de ir desde Q hasta R irá desde Q hasta S. Así es, como obedeciendo á las dos fuerzas combinadas descenderá del mismo modo que ha subido hasta el punto mas baxo V; es decir, de diagonal en diagonal: describirá pues la curva A O V en el mismo tiempo que hubiera tardado en subir hasta I, si no hubiera tenido mas movimiento que el de proyeccion.

La curva que describe un cuerpo arrojado horizontal ú obliquamente, se llama *parábola*. Podemos pues representarnos la parábola por medio de una serie de diagonales que corre un móvil, quando obedece á un mismo tiempo á la fuerza de proyeccion y á la fuerza de pesantez.

Ya podemos advertir que todo lo que hemos dicho en este capítulo es idéntico á la una ó á la otra de estas dos proposiciones demostradas por la observacion. Primera: *que los espacios corridos por un cuerpo son como los quadrados de los tiempos*. Segunda: *que un cuerpo movido por dos*

fuerzas , cuyas direcciones forman un ángulo, corre la diagonal de un paralelogramo en el mismo tiempo que con una sola de las dos fuerzas hubiera corrido uno de los dos lados. Vemos efectivamente que no hacemos mas que expresar de diferente modo estas dos proposiciones , quando concluimos de ellas que un cuerpo arrojado obliqua ú horizontalmente describe una parábola ; y es muy importante que nos familiarizemos con ellas , á fin de poder comprehender mas fácilmente la identidad que tienen con otras verdades que descubriremos por nosotros mismos.

CAPÍTULO II.

*DE LA VARIACION ACAECIDA
al movimiento quando á la primera
fuerza se agrega una segunda.*

Dos fuerzas obran en una misma direccion , ó en direcciones contrarias , ó en direcciones obliquas. Conviene exâminar estos tres casos.

F. Sea el cuerpo A que va desde A
 33. hasta L con una fuerza capaz de hacerle correr el espacio A B en un segundo : es claro que correrá de segundo en segundo B C , C D &c^a porque todos estos espacios son iguales al primero.

Si quando el cuerpo está en B obra sobre él en la misma direccion una nueva fuerza igual á la primera , tendrá el duplo de fuerza que ántes , y por consiguiente irá desde B hasta D , y desde D hasta F en el mismo tiempo en que iba desde A hasta B ; es decir , que correrá un espacio duplo. De aquí se infiere , que hubiera tenido una velocidad tripla , y que hubiera corrido tres espacios en un segundo , si la segunda fuerza añadida hubiese sido dupla de la primera.

Si mientras el cuerpo impelido por la primera fuerza , corre uniformemente A B , B C &c^a obra en él una fuerza igual en la direccion contraria L A , quedará inmóvil , porque siendo iguales y contrarias dos fuerzas , la accion de la

una debe destruir la accion de la otra. Pero si esta última fuerza obra quando el cuerpo tiene una fuerza tripla para correr tres espacios en un segundo, destruirá un tercio de la velocidad, y por consiguiente el cuerpo se moverá en la direccion $A L$ como si solo tuviese una fuerza dupla, y no correrá mas que dos espacios en un segundo. En fin, si mientras que corre tres espacios en un segundo recibe á un mismo tiempo dos fuerzas iguales á la primera; la una en la direccion $A L$, y la otra en la direccion $L A$, continuará yendo con la misma velocidad; porque el efecto de las dos nuevas fuerzas, las quales se destruyen mutuamente, debe ser nulo. Tales son los efectos de las fuerzas que conspiran directamente, y de las fuerzas directamente contrarias. Veamos ahora lo que debe suceder en otros casos.

Supuesto que un cuerpo se mueve uniformemente desde A hasta B , y desde B hasta C en un segundo, y que una nueva fuerza, igual á la primera,

obra sobre el cuerpo en B en la direccion
F. de la línea Bb perpendicular á AL ; en
 33. este caso esta fuerza obra en ángulo recto con la primera: el cuerpo variará de direccion, y de lo que hemos dicho ántes podemos inferir que describirá la diagonal Bd . Por la misma razon, si la nueva fuerza hubiese sido dupla, el cuerpo hubiera descrito la diagonal Be ; y si hubiese sido la mitad de la primera, el cuerpo hubiera descrito la diagonal Bf .

Esta nos hace ver que sea qual fuere la nueva fuerza que obra en ángulo recto, es evidente que se aumenta la velocidad del cuerpo, puesto que este corre la diagonal de un paralelogramo rectángulo en el mismo tiempo que por la sola accion de una de las dos fuerzas no hubiera corrido mas que uno de los lados del mismo paralelogramo. En una palabra, vemos que en el caso que suponemos son idénticas estas dos proposiciones: *se aumenta la velocidad del móvil; el móvil corre la diagonal de un paralelogramo rectángulo.* Tambien vemos la identidad

de las proposiciones siguientes con lo que ya hemos dicho; no será necesario que me detenga en hacerla observar.

Se dexa conocer, que si la nueva fuerza obra en ángulo agudo, su direccion se aproximará tanto mas á la de la primera, quanto mas agudo sea el ángulo. De aquí sacamos dos conseqüencias; una que esta nueva fuerza aumentará la velocidad, otra que no la aumentará jamas tanto como si hubiese obrado sin ángulo, es decir, en la misma direccion.

Si por exemplo, siendo la nueva fuerza igual á la primera, tiene su direccion en la línea Cc ; DCc , será el ángulo agudo formado por las dos direcciones. Quanto mas agudo es este ángulo mas obtuso es el ángulo gcC , y mayor es tambien la diagonal Cg , pero esta diagonal es el espacio corrido, y la que expresa la velocidad del cuerpo.

Luego la velocidad se aumenta siempre que la nueva fuerza obra en ángulo recto ó en ángulo agudo. Però si la nueva

fuerza obrase en ángulo obtuso, la velocidad podría permanecer la misma ó ser menor.

Supongamos que esta fuerza, igual á la primera quando el cuerpo está en K , obrase en la direccion $K n t$; en este caso la diagonal $K n$ del paralelogramo $K L n m$ será igual á $K n$, porque el paralelogramo queda dividido en dos triángulos cuyos lados son iguales. Por consiguiente la velocidad será la misma que ántes.

Si la nueva fuerza fuese la mitad de la primera, se disminuiría la velocidad del cuerpo; pero en tal caso $K p$ representaría la nueva fuerza, y $K o$ menor que $K n$ sería la diagonal descrita.

Si la nueva fuerza fuese dupla, y obrase siempre en el mismo ángulo obtuso, estaría representada por $K r$, y se aumentaría la velocidad representada por $K s$.

Si esta fuerza obrase en un ángulo mas obtuso, y por consiguiente en una direccion mas opuesta, v. g. $K t$, el cuer-

po correrá la diagonal Km igual á KL , y por consiguiente no se aumentará su velocidad, aunque la nueva fuerza sea mayor que la primera.

De lo qual se infiere, que si esta nueva fuerza hubiese sido igual, hubie-
ra disminuido la velocidad, y que esta
disminucion hubiera sido tanto mayor,
quanto mas obtuso hubiese sido el ángulo.

Todas estas proposiciones no son si-
no diferentes modos de expresar, segun
la diferencia de los casos, esta otra pro-
posicion: *un móvil corre una diagonal,*
quando es movido por dos fuerzas, cuyas
direcciones forman un ángulo. Estas pro-
posiciones nos son necesarias para llegar
á otras proposiciones idénticas; es decir,
á otras verdades,

Hemos visto que la pesantez es una
fuerza capaz de hacer correr á un cuer-
po una pértica en el primer segundo;
y así es como obra cerca de la super-
ficie de la tierra. Réstanos saber la fuer-
za con que obra á qualquiera otra dis-
tancia; y quando estemos cerciörados de

esto por la observacion , comenzaremos á comprehender el sistema del mundo. Para explicar los fenómenos , bastará considerar la ley á que obedece un cuerpo movido por dos fuerzas , cuyas direcciones forman un ángulo. Veremos que las verdades que descubramos , no seran sino estas dos leyes enunciadas de diferente modo segun la diferencia de los casos.

CAPÍTULO III.

COMO OBRAN LAS FUERZAS *centrales.*

Quando hacemos girar una honda, por una parte la piedra hace esfuerzos para escaparse por la tangente , y por otra es detenida por la cuerda. La fuerza , mediante la qual tira á apartarse del centro de su movimiento , se llama *centrífuga*: la fuerza , mediante la qual es detenida en su órbita , se llama *centrípeta* ; y una y otra están comprehendidas baxo el nombre de *fuerzas centrales*.

Quanto mas rápido es el movimiento de la honda, tanto mayores son los esfuerzos que hace la piedra para escaparse, y los que hace la cuerda para detenerla. En efecto, vemos que la cuerda se estira al paso que la piedra se mueve con mayor velocidad; y ya podemos entrever que si la piedra describe un círculo, es unicamente porque la fuerza que la atrae hácia el centro es igual á la fuerza que la aparta de él.

Así es con corta diferencia como los planetas se mueven al rededor del sol. Quando en el teatro vemos variar las decoraciones, sospechamos justamente que las máquinas son movidas por cuerdas, de las quales estan pendientes, y que no vemos. Ahora pues; la atraccion no es mas que una cuerda invisible, y la tension de esta cuerda es mayor ó menor á proporcion que el planeta tira mas ó ménos á apartarse.

F. Una bala de cañon arrojada desde lo
34. alto de una montaña, adelantará en una curva, á proporcion de la fuerza de la

pólvora , en la direccion B , C , D y aun volveria al mismo punto A , si no encontrando resistencia en el aire , la pólvora pudiese comunicarle una fuerza de proyeccion igual á la fuerza que la atrae hácia el centro de la tierra ; y continuaria moviéndose de este modo , porque la fuerza centrífuga sería siempre igual á la centrípeta.

Esta verdad se nos hará evidente , si descubrimos su identidad con otras verdades que ya hemos demostrado.

Tiremos desde el centro de la tierra el radio A E , y perpendicularmente á este radio tiremos la línea A F. Es indudable que estas dos líneas forman un ángulo recto ; que A F representa la direccion de la fuerza de proyeccion de la bala , y que A E representa la direccion de la pesantez que la impele hácia el centro de la tierra.

Pero decir que estas dos fuerzas , que suponemos iguales , obran en ángulo recto , no es decir que ellas aproximen la bala al centro de la tierra , ó que la

separèn de él , sino solamente que la bala se mueve con una velocidad dupla : y decir que la bala se mueve con una velocidad dupla sin apartarse y sin aproximarse , es decir que describe un círculo. En efecto , si dividimos este círculo en pequeñas partes iguales , y tiramos radios que terminen en el extremo de cada una de ellas , veremos que es lo mismo decir en cada division que estas dos fuerzas hacen correr á la bala diagonales iguales , que decir que la mantienen siempre á igual distancia del centro , ó que la hacen describir un círculo.

La gravedad , nombre que tambien damos á la fuerza centrípeta , obra en razon directa de la cantidad de materia ; es decir , que dos cuerpos se atraen á proporcion de sus masas. En efecto , si la atraccion está en la masa , es únicamente porque lo está en cada partícula. Por consiguiente , será dupla , tripla &c.^a quando la cantidad de materia sea dupla , tripla &c.^a suponiendo que las

distancias sean siempre unas mismas.

Digo siendo unas mismas las distancias, porque la atraccion disminuye tambien segun las distancias. La atraccion será quatro veces menor, quando el cuerpo esté á dós de distancia, nueve veces menor quando esté á tres, y diez y seis veces menor quando el cuerpo esté á quatro, y así succesivamente; pero conviene hacer perceptible esta proporción.

Lam. Si, haciendo pasar la luz de una 4.^a bugía por un agujerito, colocamos á un *F.* pie de distancia de este la superficie *A* 35. de una pulgada quadrada, esta superficie arrojará sobre *B*, que está á 2 pies una sombra de 4 pulgadas quadradas; sobre *C*, que dista 3 pies, una sombra de 9 pulgadas; sobre *D*, que dista 4, una sombra de 16 pulgadas; sobre 5 una sombra de 25; sobre 6 una sombra de 36: en una palabra, la sombra crecerá como el quadrado de la distancia.

Pero puesto que el cuerpo *A* arroja sobre *B* una sombra de 4 pulgadas qua-

dradas ; sobre C una sombra de 9 , y sobre D una sombra de 16 ; se sigue que , trasladado á B no recibirá mas que la quarta parte de la luz que recibia en A ; trasladado á C no recibirá mas que la novena parte ; y á D no mas que la diez y seis avas parte. Por consiguiente , la luz disminuye en la misma razon que la sombra crece.

Si la luz creciese como la sombra , se aumentaria en razon del quadrado de las distancias ; pero porque disminuye en la misma razon que la sombra se aumenta , decimos que obra en razon inversa del quadrado de las distancias.

Otro tanto sucede con el calor ; suponiendo que la accion de los rayos es la única causa que le produce ; porque en esta suposicion , si la tierra estuviese dos veces mas distante del sol , seria quatro veces menor el calor que recibiese , por la misma razon de que tambien sería quatro veces menor la luz que le alumbrase. Á una distancia tripla , el calor que recibiese sería nueve veces menor ;

á una distancia quádrupla, el calor sería diez y seis veces menor &c^a por consiguiente, la accion del calor obra tambien en razon inversa del quadrado de las distancias.

C Pero la atraccion, lo mismo que la luz y el calor, obra del centro á la circunferencia; luego obrará tambien en razon inversa del quadrado de las distancias, si crece y mengua en la misma razon que la luz y el calor. La observacion nos demuestra que efectivamente así es como crece y mengua. Pero á causa de no hallarnos aun en estado de comprehender como ha sido posible observar este fenómeno, nos basta por ahora el creerle sobre la autoridad de los observadores, y considerarle como un principio que puede servirnos para explicar otros fenómenos.

La pesantez, el peso, la gravedad y la gravitacion son efectos de esta causa que llamamos atraccion. Estas palabras no significan en substancia sino una misma cosa, y solo se diferencian por

algunos accesorios que he explicado en otra parte (a)

Los fenómenos que damos á conocer por estas palabras siguen pues las leyes de la atraccion; es decir, que la pesantez de los cuerpos celestes, el peso, la gravedad ó la gravitacion de estos está en razon inversa del quadrado de las distancias. Digo *de los cuerpos celestes*, porque mas adelante tendremos ocasion de observar que la gravitacion de las partículas de la materia sigue diferentes leyes. Supuesto que la atraccion obra en razon inversa del quadrado de las distancias, se infiere que tres cuerpos que pesen una libra, el uno á dos radios del centro de la tierra, el otro á tres y el otro á quatro, pesaran á un radio el primero 4 libras, el segundo 9 y el tercero 16. Porque todas estas proposiciones dicen en substancia una misma cosa, y no se diferencian mas que en la expresion.

(a) *En un diccionario de los sinónimos franceses.*

Por consiguiente , tambien es una proposicion idéntica con la que antecede la siguiente : *el peso de un cuerpo que se halla á una distancia qualquiera , es al peso que tendria en la superficie de la tierra , como la unidad es al quadrado de las distancias.* Por consiguiente , si quiero saber lo que pesaria en la superficie de la tierra un cuerpo que á 60 radios de distancia pesase una libra , no tendré mas que multiplicar 60 por 60 y tendré el quadrado 3600 : si por el contrario, en la superficie de la tierra solo pesase 1 libra á 60 radios de distancia , no pesaria mas que una 3600 ava parte de libra.

Pero la pesantez es la fuerza que determina la velocidad con que un cuerpo descende ; luego , conociendo la velocidad de un cuerpo en la superficie de la tierra , conoceré su velocidad en qualquiera otra distancia , por exemplo á 60 radios : para lo qual no tendré que hacer mas que este racionio.

Un cuerpo cerca de la superficie de

la tierra descende una pértica en un segundo ; pero á 60 radios este cuerpo tiene 3600 veces ménos fuerzas : luego no descenderá mas que una 3600 ava parte de una pértica.

Si quiero saber en que tiempo este cuerpo debe correr á dicha distancia 3600 partes , ó la pértica entera , me bastará acordarme de que los espacios corridos son como los quadrados de los tiempos. Luego siendo los espacios 3600 partes , el tiempo será 60 segundos , raiz quadrada de 3600.

Formando solo cálculos veremos mas claramente la identidad : continuemos pues yendo de proposiciones idénticas en proposiciones idénticas , y veamos á donde podemos llegar.

La luna dista 60 radios ; luego descenderia una pértica en un minuto , y 3600 en 60 minutos , ó en una hora , si descendiese á impulso de su propio peso ; es decir , si descendiese movida únicamente por la fuerza que la impele hácia la tierra : en esta suposición bas-

taria calcular con arreglo á las leyes de la aceleracion del movimiento , para determinar el tiempo de su caída.

Pero es evidente , que si en una hora su peso ó su fuerza centrípeta debe hacerla descender 3600 pérticas , no describirá una órbita á la distancia de 60 radios , mientras que no tenga una fuerza centrífuga capaz de apartarla 3600 pérticas en una hora.

Conocemos pues qual es la fuerza centrífuga de la luna , y qual es su fuerza centrípeta. Por otra parte , sabemos que ella acaba su revolucion en 27 dias y 7 horas ; luego podemos determinar su órbita.

F. Si suponemos que A B sea el espacio que la luna correria , descendiendo durante un dia abandonada á su propio peso , tendremos uno de los lados del paralelogramo , cuya diagonal debe describir. Pero si A B representa la fuerza centrípeta , A C perpendicular á A B representa la fuerza de proyeccion , y C D paralela é igual á A B completa el

paralelogramo, y representa la fuerza centrífuga. Es pues evidente que A D es la curva que la luna, impelida por las fuerzas combinadas, debe correr en un día. Por consiguiente, tendremos con corta diferencia la órbita de este planeta, si despreciando las horas para mayor sencillez, trazamos un círculo del qual A D será la 27 ava parte.

Ya vemos como las observaciones acerca de la pesantez nos conducen á conocer las fuerzas centrales de la luna, y la curva que esta describe al rededor de la tierra. Pero para cerciorarnos de la verdad de estos cálculos, es preciso que las observaciones los confirmen. Si las observaciones descubren alguna cosa de mas ó de ménos en el movimiento de la luna, es preciso que indiquen una causa de ello que no sea contraria á los cálculos, y esto es precisamente lo que ha sucedido.

Todos los cálculos que acabamos de hacer serian confirmados con las observaciones, si la luna no gravitase sino hácia la

tierra, y si describiese un círculo, del qual fuesemos el centro: pero en primer lugar, la luna gravita tambien hácia el sol; ademas no describe un círculo sino una elipse; y en fin, la tierra no está en el centro de la elipse, sino en uno de los focos. Estas consideraciones hacen los cálculos tan difíciles, que aun no se han podido explicar con precision todas las irregularidades aparentes del movimiento de la luna.

F. 37. Estando la luna en A y la tierra en T, el sol S las atrae igualmente, porque dista igualmente de la una y de la otra. En este caso nada hay que altere la gravedad de la luna hácia la tierra; pero si la luna está en B, el sol la atraerá con mayor fuerza, porque dista ménos de ella; y por consiguiente la luna gravitará ménos hácia la tierra. En C el peso de la luna hácia la tierra será el mismo que en A. En fin, en D la tierra, siendo mas atraida del sol, se apartará de la luna, que por esta razon gravitará ménos hácia la tierra. Así

es que en todos los puntos de la órbita, excepto en A y en C, la acción del sol tira mas ó ménos á apartar estos dos planetas. Añadamos que esta acción varia tambien al paso que la tierra y la luna, á las quales lleva tras sí en su revolucion, se aproximan al sol ó se alejan de él. Esto basta para que comencemos á comprehender que el movimiento de la luna debe ser unas veces acelerado y otras retardado; y que la órbita que ella describe no puede ser muy regular.

Es inútil entrar en mayores pormenores acerca de este asunto. Me limito á presentar á mis lectores ideas generales, propias para ponerlos en estado de profundizar esta materia, quando experimenten la curiosidad de hacerlo.

CAPÍTULO IV.

DE LAS ELÍPSES QUE
describen los planetas.

La luna al rededor de la tierra, los planetas y los cometas al rededor del sol describen elipses. La que voy á poner por exemplo es mas excéntrica que la de los planetas, y ménos que las de cometas; pero basta para explicar las unas y las otras, porque las leyes son unas mismas con respecto á todas.

Conviene ante todo advertir que lo que digamos para explicar estas elipses, vendrá á ser en substancia lo mismo que lo que hemos dicho y probado quando hemos explicado la curva que llamamos *parábola*; es decir, que los cuerpos celestes describen elipses únicamente porque, obediendo á dos fuerzas cuyas direcciones forman siempre ángulos, se mueven de diagonal en diagonal.

F. Un cuerpo arrojado en la direccion
 38. A *a* es atraído por el sol en la direccion A S ; es decir , en ángulo recto: por consiguiente , irá con un movimiento acelerado desde A hasta B. Habiendo llegado á este punto , la fuerza de proyeccion le hará moverse en la línea B *b* ; pero será atraído en ángulo agudo en la direccion B S : por consiguiente , su movimiento será tambien acelerado , y el cuerpo irá desde B hasta C. Así es que, formando siempre la direccion de la fuerza de proyeccion á lo largo de las tangentes un ángulo agudo con la direccion de la pesantez , las dos fuerzas reunidas aceleraran el movimiento del planeta hasta que este llegue á P.

Habiendo llegado á P , la direccion de la fuerza de proyeccion á lo largo de la tangente P *p* forma un ángulo recto con P S , direccion de la pesantez; por consiguiente , el planeta irá á F ; pero como ha ido desde P hasta D por un movimiento acelerado , irá desde P hasta F por un movimiento retardado.

En F la direccion de la fuerza de proyeccion á lo largo de la tangente Ff forma un ángulo obtuso con $F'S$, direccion de la pesantez: por consiguiente, el movimiento será tambien retardado, y lo será hasta que el planeta vuelva á A, porque los ángulos seran siempre obtusos.

Pero conviene advertir que el aumento y la disminucion de los ángulos no es la única razon que acelera y que retarda el movimiento; porque los ángulos no disminuyen sino hasta la mitad del camino que hay de A hasta P; así como no crecen sino hasta la mitad del camino de P á A; por consiguiente, la aceleracion y la retardacion del movimiento son producidas por otra causa: y en efecto, el planeta acelera su movimiento viniendo desde A hasta P, porque se acerca mas al sol, que le atrae en razon inversa del quadrado de las distancias: y retarda su movimiento volviendo de P á A, porque es ménos atraído por el sol, al paso que se aparta de él.

CAPÍTULO V.

DE LAS AREAS PROPORCIONALES
á los tiempos.

F. 38. **L**a area de un triángulo es el espacio comprehendido en sus tres lados. Tales son los espacios $A S B$, $B S C$ &c^a. Quando el planeta se mueve desde A para B , C &c^a nos representamos el radio $S A$ como una línea que, levantándose en el centro S , lleva al planeta al otro extremo; y que siendo movida con él, barre, por decirlo así, cada area, al paso que el planeta describe el lado opuesto al centro S . Este radio se llama *radio vector*; es decir, radio que lleva. Y he aquí lo que debemos entender quando se nos dice que un planeta describe areas al rededor del centro de su movimiento.

Todos los astrónomos convienen ya en que las areas descritas por un planeta son proporcionales á los tiempos; es de-

cir , que son iguales en tiempos iguales. El primero que descubrió este fenómeno, y que congeturó que la gravitacion hácia el sol es la causa que le produce, fue Kepler. Newton demostró la verdad de este descubrimiento y de esta congetura.

Quando un planeta se mueve circularmente al rededor de un centro , describe en tiempos iguales arcos de círculo iguales. En este caso las areas que forma el radio vector son no solamente iguales sino tambien semejantes , y esta semejanza hace perceptible su igualdad. Esto es lo que debe suceder siempre que un planeta se mueve en una órbita circular ; porque no siendo en este caso su movimiento acelerado ni retardado , es evidente que el radio vector corre en tiempos iguales areas iguales y semejantes.

Así es como parece que se mueven los satélites al rededor de Júpiter. Es verdad que segun sus posiciones deben torcer mas ó ménos aquella direccion , porque no estan siempre á la misma dis-

tancia del sol los unos que los otros; pero podemos despreciar estas desigualdades, las que no son tan considerables que podamos observarlas con el telescopio.

Quando un planeta sigue el curso de una elipse y quando el centro del movimiento está en uno de los focos, el radio vector describe tambien areas iguales. Esta igualdad no es al pronto perceptible, porque no todas las areas son semejantes, y porque no hallamos semejanza sino entre aquellas que se corresponden á iguales distancias del perihelio y del afelio.

F. Pero aunque no todas las areas sean semejantes todas son iguales, porque las mas cortas ganan en latitud lo que pierden en longitud. Podemos ver esto claramente en una figura, pero mejor será demostrarlo.

Sabemos que la medida del area de un triángulo ó del espacio comprehendido entre sus tres lados, es el producto de la altura por la mitad de la base; y de aquí inferimos que las areas de dos trián-

gulos serán iguales, siempre que estos tengan una misma altura y una misma base.

F. Ahora pues; supongamos que un cuerpo
 39. movido uniformemente corre en tiempos iguales los espacios iguales AB , BC &c.^a es evidente que las areas ASC , $BS C$, descritas por el radio vector son iguales, puesto que estos dos triángulos tienen una misma base, porque BC es igual á AB , y una misma altura, porque la altura de uno y otro es la perpendicular tirada desde el vértice á la línea AD .

Por consiguiente, mientras que este cuerpo continúe moviéndose en la misma línea, y mientras que los triángulos tengan su vértice comun en un mismo punto, las areas continuarán siendo iguales, y solo se diferenciarán en que iran ganando en longitud lo que van perdiendo en latitud.

Pero quando este cuerpo en vez de una línea recta describa una curva al rededor del punto S en que hemos fixado el vértice de las areas sino únicamente

la figura de estas , haciendo que ganen en latitud lo que hayan perdido en longitud. En efecto , comuniquemos á este cuerpo quando ha llegado al punto C una fuerza capaz si obrase sola de llevarle hasta E en el mismo tiempo que por su movimiento uniforme hubiera ido desde C hasta D : está demostrado por lo que ántes hemos dicho que este cuerpo , obedeciendo á estas dos fuerzas correrá C F diagonal del paralelogramo C D F E en el mismo tiempo que hubiera corrido C F ó C D. El radio vector describirá pues la area S C F ; pero ésta area es igual á S C D , puesto que estos dos triángulos tienen una base común en C S ; y estando entre las paralelas C E y D F , tienen tambien una altura común en la perpendicular tirada desde una de estas dos líneas á la otra. Es fácil comprehender que este mismo raciocinio demuestra la igualdad de las areas siguientes.

Pero si el planeta no se dirigiese siempre exáctamente al punto S , sino por

intervalos á algun otro punto vecino, las areas serian indispensablemente desiguales porque el cuerpo en vez de llegar á la línea DF , iria en el mismo tiempo ó mas allá ó mas acá de esta misma línea, y por consiguiente las areas descritas serian ó mayores ó menores que SCD .

Está pues demostrado que quando un cuerpo se mueve describiendo una curva, la direccion constante á un mismo punto demuestra la igualdad de las areas á los tiempos: de donde debemos inferir la inversa de esta proposicion; es decir, que la igualdad de las areas á los tiempos demuestra que un cuerpo se dirige constantemente hácia un mismo punto.

Esta verdad, una de las mas importantes en el sistema de Newton, es una ley de la qual la naturaleza no se aparta jamas. Basta haber observado con Kepler los satélites de Júpiter, y haber advertido con él que las areas descritas son proporcionales á los tiempos, para convenirse inmediatamente de que los satélites se

dirigen siempre hácia el centro de su planeta principal. Así mismo , la luna sé dirige en todo su curso hácia el centro de la tierra , si su radio vector describe siempre en tiempos iguales areas iguales; y si se advierte alguna desigualdad en las areas descritas , está demostrado que la luna no se dirige absolutamente hácia el centro de nuestro globo. En fin , es indudable que todos los planetas se dirigen hácia el centro del sol , si el radio tirado desde cada uno de ellos á este centro describe areas iguales en tiempos iguales : para esto no es necesario mas que observar.

Tal vez se me preguntará , porque un cometa estando en su perihelio no cae en el sol , y porque estando en su afelio no se escapa de su órbita. En efecto , en una elipse como la que he puesto por exemplo , el planeta quando se halla en su perihelio está 6 veces mas cerca del sol , y por consiguiente la fuerza con que es atraído es 36 veces mayor , y en su afelio está 9 veces mas

apartado y la fuerza con que es atraído es 36 veces menor. Pero conviene advertir que á proporcion que es atraído con mayor fuerza adquiere mayor velocidad , y que la velocidad no puede aumentar sin que aumente igualmente la fuerza centrífuga. Por la razon contraria , su velocidad disminuye á proporcion que es atraído con menor fuerza , y por consiguiente la fuerza centrífuga disminuye en la misma razon.

Esto nos manifiesta que quanto mas céntrica es la elipse tanto mas varía la velocidad desde el afelio al perihelio , y esto es lo que sucede en los cometas , los quales se mueven con rapidez en la parte inferior de su órbita ó en el perihelio , y con lentitud en la parte superior ó en el afelio. Esta aceleracion y retardacion son las que hacen describir al radio vector areas proporcionales á los tiempos.

F. Para comprehender como la gravitacion
40. de los planetas y de los cometas se conforma con la pesantez de los cuerpos so-

bre la tierra, basta suponer que desde una parte de la superficie del sol se arroja un cuerpo de suerte, que suba hasta A por la línea B A, porque en esta suposicion vemos que el cuerpo subirá hasta A con un movimiento retardado, y que habiendo llegado á este punto, en que la fuerza de proyeccion y la fuerza que le atrae hácia el centro S obran en ángulo recto, caerá con un movimiento acelerado por la línea A b. Si á cierta distancia del sol arrojamos este mismo cuerpo en una direccion paralela á B A irá por exemplo desde C hasta D, y continuando en esta curva describirá la elipse C D c. Estas son consequencias de lo que hemos dicho arriba, ó proposiciones idénticas con las proposiciones que hemos demostrado.

Sin embargo, no debemos creer que los cometas y los planetas deben moverse eternamente en las órbitas que una vez han corrido. Esto sería cierto, si estos cuerpos se moviesen en un medio perfectamente vacío, en que no encontrasen

resistencia alguna; pero la luz que atraviesa todos los espacios celestes, y las partículas sutiles que verosimilmente arrojan de sí los cometas y los planetas, son un obstáculo al movimiento de los cuerpos que giran al rededor del sol. Es verdad que esta resistencia es millares de veces menor que la que produciria el aire que circunda la tierra, pero al fin **es** resistencia. La fuerza proyectil de estos cuerpos, y por consiguiente su fuerza centrífuga disminuye pues á proporcion de estos obstáculos; y puesto que la atraccion del sol, ó la fuerza centrípeta permanece siempre la misma, es preciso que todos los planetas se aproximen continuamente al sol, aunque de un modo insensible. Basta pues un cierto número de años para ver á todos los planetas caer sucesivamente en el sol, lo qual ha obligado á Newton á decir que el mundo no puede subsistir si Dios no vuelve á montar esta inmensa máquina. Podemos añadir á esto que hay astrónomos que creen ya haber observado

algunas pequeñas alteraciones en la órbita de los planetas , pero estas no son mas que congeturas. Sin embargo , veamos como puede suceder que un cometa caiga en el sol.

Se ha observado que el sol tiene una grande atmósfera. Su superficie , á causá de su calor inmenso , debe arrojar emanaciones que , fluctuando á su alrededor, formen un medio tan denso por lo ménos como nuestro aire.

- P. Sea $A B C$ la órbita de un cometa,
 41. y $B L M$ la atmósfera del sol. Quando el cometa viene del afelio A al perihelio B , encuentra en B una resistencia que disminuye su fuerza proyectil. La atraccion del sol dará mas curvatura á su órbita , la qual subirá por b en vez de pasar por C , y por consiguiente , describiendo una elipse mas prolongada subirá hasta a . Volviendo á caer desde aquí hácia B , se aproximará aun mas al sol, y caminando por D irá á parar á E , desde donde caerá en el sol por la línea $E S$. De lo qual se infiere , que es posible que

los planetas caigan en el sol. Los neutonianos conjeturan que esto es lo que sucede, y lo creen necesario para alimentar á este astro, que se agotaria insensiblemente difundiendo la luz en todo el sistema.

Si el cometa describiese una órbita semejante á la que hemos tratado ántes, serian necesarios muchos millares de años para alterar su revolucion hasta el punto de hacerle caer en el sol.

Sin embargo de que las órbitas de los planetas son casi circulares, como los focos de las elípses estan demasiado apartados entre sí, la excentricidad es sensible lo bastante para poder ser observada; y he aquí porque en el hemisferio del norte nuestro medio año de invierno, en que pasamos por el perihelio es ocho dias mas corto que nuestro medio año del estío.

De todo lo que hemos dicho se infiere, que los planetas deben concluir sus revoluciones en un tiempo tanto mas corto, quanto mayor es su proximidad al sol, ó sea porque es mayor su velocidad. Efectivamente, quando un planeta está mas

próximo, su fuerza centrípeta que aumenta, exige que su fuerza centrífuga se aumente también, y estas dos fuerzas no pueden ménos de moverle con mayor velocidad, en lo qual nos confirman las observaciones.

CAPÍTULO VI.

DEL CENTRO DE GRAVEDAD

comun á muchos cuerpos v. g. tales como los planetas y el sol.

F. **L**a atraccion está en los cuerpos en
 42. razon de la cantidad de materia: luego dos cuerpos iguales en masa y colocados en el vacío gravitaran igualmente el uno hácia el otro; por exemplo, A atrae á C con la misma fuerza que C á A, y por consiguiente estos cuerpos se aproximarán con velocidades iguales, y se juntarán en el punto medio B.

Si A tiene una masa dupla, atraerá con dupla fuerza á C; y por consiguientemente

le comunicará una velocidad dupla de la que este tiene, y el punto de reunion estará tanto mas próxîmo á A, quanto mayor sea la masa de esta que la de C. A tiene su centro de gravedad en C hácia el qual gravita, y C tiene el suyo en A hácia el qual gravita tambien; pero por esta atraccion recíproca, estos dos cuerpos estan precisamente como si no gravitando el uno hácia el otro cada uno de ellos gravitase únicamente hácia el punto en que tiran á reunirse: y si supusiesemos un tercer cuerpo A y C, gravitarian hácia él del mismo modo que si sus dos puntos estuviesen reunidos en el punto hácia el qual se atraen reciprocamente. En efecto, supongamos á A y C contenidas por un ástil ó vara de romana que las impida aproximarse, y colguemos este ástil por el punto en que se reunirian estos dos cuerpos: tendremos una romana, en la qual A y C estaran en equilibrio, porque la distancia de A á este punto será á la distancia de C al mismo punto, como la masa de

de C; y así estos dos cuerpos gravitaran hacia un tercero como si toda su gravedad estuviese reunida en el centro de suspension.

Ahora pues; podemos representarnos la luna y la tierra colocadas en los dos extremos de este ástil, é imaginarnos que las tenemos suspendidas por encima del sol, así como tenemos dos cuerpos suspendidos con una romana porque no hay duda en que en uno y otro caso se verificará el equilibrio, si las distancias del punto de suspension estan en razon inversa de las masas.

Aquí tenemos pues á la luna y á la tierra en equilibrio en los dos extremos de un ástil, que está colgado por encima del sol: y si la fuerza de atraccion y la de proyeccion combinadas producen precisamente el mismo efecto que el ástil suspendido y colgado, se seguirá que, raciocinando acerca de las revoluciones de los cuerpos celestes, formaremos proposiciones idénticas con las què hemos formado raciocinando acerca de la romana.

Ahora pues ; distando entre sí la luna y la tierra 60 radios , arrojémoslas con una fuerza , cuya direccion forme ángulo recto con la direccion de su gravedad recíproca. En este caso , en vez de juntarse giraran al rededor de un centro comun : la fuerza de proyeccion , combinada con la pesantez , hará por consiguiente el efecto de un ástil que las tuviese separadas , y el centro de su revolucion será el punto mismo que hubiera sido en el ástil el centro de suspension. De lo qual se infiere , que así como pesandolas en una romana , teniendo la tierra 40 veces mas materia que la luna no estaria en equilibrio con esta sino en el caso de estar 40 veces mas cerca del centro de suspension ; así tambien no será posible conservar el equilibrio entre estos dos planetas al rededor de un centro de revolucion , sino en el caso de estar la tierra 40 veces mas próxima al centro.

Vemos pues una romana en la revolucion de la luna y de la tierra al rededor del centro comun de gravedad , y

la vemos igualmente en la revolucion de estos dos planetas al rededor del sol.

Si los tuviésemos pendientes de los dos extremos de un ástil, es evidente que solo podrian caer en este astro, quando cayese el mismo centro de suspension.

Por consiguiente, si queremos imaginarnos un ástil que les impida juntarse al sol, será preciso para esto que uno de los extremos del ástil esté en este astro, y el otro en el centro de suspension de los dos planetas; y si quisiésemos hallar el punto por donde sería preciso colgar el ástil para poner estos dos pesos en equilibrio, buscaríamos el punto en que la distancia del sol es á la distancia de los planetas, como la masa de los planetas es á la masa del sol; y hecho esto, tomando la romana por este punto, pondríamos el sol en equilibrio con el centro de gravedad comun á los dos planetas.

Pero así como una fuerza de proyeccion ha producido el movimiento de los dos planetas al rededor de su centro comun de gravedad, así tambien otra fuer-

za de proyeccion, comunicada á un mismo tiempo á este centro y al sol, producirá el movimiento de este centro y del sol al rededor de otro centro de gravedad. Bastará arrojarlos con fuerzas que sean capaces de balancear la accion de su pesantez recíproca.

Así es como la tierra, colocada á once mil diámetros del sol, ó lo que es lo mismo, á cerca de treinta y tres millones de leguas, forma su revolucion anual. Pero es preciso advertir, que atendida la superioridad de la masa del sol, esta distancia es demasiado pequeña para suponer que el centro comun. de gravedad está fuera de este astro; por consiguiente, podemos suponer que está dentro, y podemos sin error sensible considerar al sol en estado de reposo.

F. Para representarnos en esta hipótesis
 43. la revolucion de la luna y la de la tierra, sea el sol S ; y supongamos que el centro comun de gravedad de la luna q quando está en su plenilunio, y de la tierra M esté en F : supongamos tam-

bien que despues de una lunacion entera , hallándose la luna de nuevo en su plenilunio , el mismo centro de gravedad esté en A ; y en fin , que F D A sea la órbita que este centro describe al rededor del sol.

Si despues dividimos la lunacion en quatro partes iguales , despues de la primera , el centro de gravedad estará en E , la luna en p , y la tierra en L ; despues de la segunda , siendo luna nueva , el centro de gravedad estará en D , la luna en R , y la tierra en I ; en la quadratura siguiente , el centro de gravedad estará en B , la luna en o , y la tierra en H ; en fin , quando la luna esté en su plenilunio , hallándose el centro de gravedad por suposicion en A , la luna estará en N , y la tierra en G : proposiciones fundadas en la revolucion de la tierra y de la luna al rededor de un centro de gravedad , que describe una órbita al rededor del sol.

Parece pues que la tierra describe la curva M L I H G : pero á causa de ser

esta irregularidad excesivamente pequeña para que podamos advertirla, podemos suponer sin error sensible que el centro de la tierra corre la órbita FDA ; por que MF ó DI , que señala la mayor distancia á que la tierra puede estar de esta órbita, no es mas que una 40 ava parte de la distancia MQ , que no es tampoco mas que una 300 ava parte de la distancia FS . He aquí porque consideramos á la tierra como en el centro de las revoluciones de la luna, y como corriendo la órbita descrita por el centro de gravedad.

Coloquemos sucesivamente, y en una direccion á poco mas ó menos semejante á la de la tierra á Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno: Mercurio á 4257 diámetros, Venus á 7953, Marte á 16764, Júpiter á 57200 y Saturno á 104918: estas son á poco mas ó menos las distancias medias á que están estos planetas del sol.

Con arreglo á estas suposiciones me será fácil ya manifestar como se deter-

mina el centro comun de gravedad entre todos los cuerpos. Prevengo sin embargo que mi ánimo no es presentar acerca de este asunto las ideas mas precisas, las quales exígeran algunos cálculos en que no debemos entrar. Por consiguiente, bastaráme dar á conocer la materia acerca de la qual se ratiocina.

Quanto mayor es la masa de un cuerpo tanto menor es la distancia de este al centro comun de gravedad ; es así que el sol tiene un millon de veces mas materia que Mercurio ; luego su distancia al centro comun de gravedad es un millon de veces menor , pero distando Mercurio del sol 4257 diámetros , es incontestable que no podriamos aproximar el centro comun de gravedad un millon de veces mas al sol sin colocarle á una distancia muy pequeña del centro de este astro.

En efecto , si estos dos cuerpos fuesen iguales , el centro comun de gravedad estaria á 2128 diámetros con corta diferencia del centro de cada uno. Por

consiguiente , el centro comun de gravedad se aproximará al centro del sol al paso que se aumente la masa de este astro. Aumentada esta masa un millon de veces , el centro comun de gravedad estará un millon de veces mas cerca del centro del sol.

Supongamos ahora á 4257 dividido en un millon de partes : una de estas partes medirá la distancia á que está el centro del sol del centro de gravedad.

Siendo la masa de Venus á la del sol como 1 á 169282 , atraerá algo mas adelante el centro de los tres cuerpos; por igual razon la tierra y Marte le atraeran aun mas ; pero á causa de que Júpiter es de una gran masa , y que está por otra parte mas apartado del sol , el centro de gravedad del sol y de Júpiter estará algo apartado de la superficie del sol , y por consiguiente el centro de gravedad de los cinco cuerpos se habrá adelantado aun mucho mas. Y á causa de que la masa de Saturno apénas es el tercio de la del sol , el centro comun de gra-

vedad estaria algo mas adentro de la superficie , si supusiésemos que no habia mas que esté planeta y el sol. Quando consideremos todos estos cuerpos juntos , y quando coloquemos todos los planetas en un mismo lado , el centro comun se alejará aun mas de la superficie ; y por el contrario volverá á entrar en esta quando Júpiter esté en un lado , y Saturno en otro , sea qual fuere por otra parte la posicion de los planetas , porque estos estan demasiado cerca , y tienen muy poca materia para atraer afuera el centro comun de gravedad. Este centro comun , no el del sol , es el que está en reposo segun nuestro sistema , y esta es la razon porque el sol tiene cierta especie de movimiento de undulacion.

La masa de Júpiter excede tanto á la de sus satélites , que el centro comun de los cinco cuerpos apenas se aparta del centro de este planeta. Lo mismo podemos observar en Saturno con respecto á sus satélites y á su anillo.

Concluyamos pues que para variar el

centro comun de nuestro sistema , bastaria añadir ó quitar un planeta , y que esta variacion seria mas ó ménos considerable á proporcion de la masa y de la distancia del planeta añadido ó quitado.

CAPÍTULO VII.

DE LA GRAVITACION MUTUA DE los planetas entre sí , y de los planetas con el sol.

Todos los cuerpos de nuestro sistema tienen accion y reaccion recíprocas en razon inversa del quadrado de las distancias y en razon directa de sus masas.

F. Quando la luna está en su primero
43. y en su último quarto , está precisamente como sino fuese atraida mas que por la tierra , porque estos dos cuerpos son en este caso atraidos por el sol ; pero quando pasa desde su segundo quarto al punto en que está en conjuncion , acelera su movimiento , porque el sol la atrae con mayor fuerza ; y por el contrario le re-

tarda quando va á su primer quarto , porque el sol la atrae con menor fuerza.

En fin , quando desde su primer quarto va al punto en que está en oposicion para volver al segundo quarto , acelera tambien su movimiento , porque obedece tanto mas á la atraccion de la tierra quanto , hallándose mas apartada del sol , es menor la fuerza con que este la atrae. Añadamos á esto , que esta doble atraccion produce efectos diferentes segun la tierra está en su perihelio ó en su afelio.

Esta aceleracion y esta retardacion del movimiento de la luna son pues un efecto de la atraccion del sol combinada con la atraccion de la tierra , y no hay duda en que la luna describiera areas proporcionales á los tiempos , si fuese la tierra la que únicamente la atragese. Las irregularidades de su curso no presentan pues dificultad alguna contra el sistema de Newton , ántes bien le confirma.

Por muy apartados que esten del sol los satélites de Júpiter y de Saturno , es

indudable que estan sugetos á la misma ley , pero lo estan tanto ménos quanto mas distan de aquel astro , y aunque la accion del sol no puede ménos de alterar alguna cosa su curso , esta alteracion es tan corta en comparacion de la accion de Saturno y de Júpiter , que apénas se dexa percibir al telescopio.

Los planetas , püesto que tienen accion y reaccion recíprocas , deben alterar mútuamente su curso ; y esta alteracion se advierte en el curso de Saturno y en el de Júpiter , quando estos dos planetas estan de un mismo lado. Si no observamos lo mismo en los demas planetas es porque siendo la masa de estos mucho mas pequeña , la accion recíproca en los unos y en los otros no puede variar de un modo bastante perceptible el curso que les prescribe la atraccion del sol. El curso de los cometas y el de los planetas deben tambien alterarse recíprocamente quando los cometas pasan por las inmediaciones de los planetas.

CAPÍTULO VIII.

COMO SE DETERMINA LA
órbita de un planeta.

Si desde luego suponemos que un planeta describe un círculo, cuyo centro es el sol, es claro que el planeta correrá en tiempos iguales arcos iguales: y si dividimos el tiempo de su revolucion en partes iguales, las areas que formará su radio vector seran no solamente iguales sino tambien semejantes.

Esta es la hipótesis que los astrónomos hicieron al principio con arreglo á sus primeras observaciones, y la misma que abandonaron despues quando observaron mejor. En efecto, esta observacion no está conforme con el movimiento unas veces acelerado, y otras retardado que advertimos en el curso de los planetas.

Dos cosas hay que advertir en esta aceleracion y en esta retardacion: la pri-

mera, que un planeta está unas veces mas cerca y otras mas léjos del sol; la segunda, que su radio vector corre en tiempos iguales areas iguales. Pero lo que acabamos de decir para explicar las elipses manifiesta evidentemente que el planeta no puede moverse sin describir una órbita elíptica, y de la qual uno de los focos sea el centro de la revolucion.

Lam. En vez pues de representar la ór-
 5.^a bita del planeta por un círculo v. g. A
 F. B C b, los astrónomos la han representa-
 44. do por una elipse A m C n. Primeramen-
 te han trazado esta elipse con arreglo á
 las hipótesis que al parecer les indicaban
 las observaciones, y despues han obser-
 vado nuevamente para asegurarse de la
 verdad de su hipótesis, ó para descubrir
 el error. Quando vieron que el curso del
 planeta no era conforme á la elipse que
 ellos se habian imaginado, hicieron nue-
 vas suposiciones para corregir sus errores.
 Si, por exemplo, la elipse era demasiado
 circular la aplastaban, si estaba dema-
 siado aplastada la aproximaban á la fi-

gura circular : así es como de observaciones á hipótesis y de hipótesis á observaciones llegaron en fin á trazar la órbita de un planeta. Es fácil conocer que una investigación de esta especie exige mucha penetracion y mucho cálculo. Bástanos por ahora conocer esto.

CAPÍTULO IX.

DE LA RELACION DE LAS *distancias á los tiempos periódicos.*

Hallándose dos cuerpos á una distancia determinada entre sí, y comunicándoles una fuerza de proyeccion, se moveran al rededor de un centro comun: y si suponemos que las fuerzas centrípetas y las fuerzas centrífugas no son iguales, los dos cuerpos se aproximarán, ó se apartarán hasta que estas dos fuerzas se balanceen, y establezcan el equilibrio entre ellos.

Hecho esto, no resta cosa alguna que

determinar, porque estan determinadas las distancias de los cuerpos, las órbitas que estos describen, y la velocidad con que las corren.

En efecto, las leyes del equilibrio determinan las diferentes distancias á que está cada planeta del centro de su revolucion: las diferentes distancias determinan los diferentes puntos de su órbita; y los diferentes ángulos que forman la direccion de las fuerzas, determinan la velocidad en cada porcion de la curva. Debe pues haber una relacion entre la distancia y el tiempo periódico de un planeta que, estando mas próximo al sol, acaba su revolucion, por exemplo en tres meses, y la distancia y el tiempo periódico de otro planeta que, estando mas apartado, acaba su revolucion en treinta años.

Kepler es el primero que ha descubierto esta relacion. Observó las distancias de los satélites de Júpiter, y el tiempo de su revolucion, y advirtió que los quadrados de los tiempos periódicos son

entre sí como los cubos de las distancias.

Observando los planetas es como se ha generalizado esta ley : los quadrados de sus revoluciones al rededor del sol son siempre como los cubos de sus distancias.

En fin , vino Newton , calculó , y su teoría ha dado razon de una ley probada únicamente por las observaciones.

Hemos visto que la atraccion así como la pesantez obra en razon inversa del quadrado de las distancias ; ó para expresarnos de otro modo , que su accion disminuye á la par que aumenta el quadrado de las distancias.

Tambien hemos visto que los planetas describen en su curso areas proporcionales á los tiempos. En fin , acabamos de ver la relacion de los tiempos periódicos á las distancias : todas sus leyes estan conformes con los fenómenos, y las unas se demuestran por las otras. Para convencerse de esto no es necesario mas que observar y calcular. Las dos últimas son las que se llaman las analogías de Kepler.

Auxiliado de estos principios , Newton señala á los planetas el camino que deben seguir , y los hace describir elipses al rededor del sol , al qual coloca en los focos. La observacion prueba que los planetas estan sujetos á las leyes que les prescribe. Ve tambien los cometas á que no alcanza el telescopio. Apenas se le muestran algunos de los puntos por donde han pasado , los sigue rápidamente en las inmensas elipses que corren , y nos enseña á pronosticar su vuelta. Las observaciones solas bastan para acabar de confirmar sus resultados con respecto á esto , ó para corregir sus errores.

Por exemplo , se conoce la órbita de la luna y el tiempo de su revolucion al rededor de la tierra ; se sabe que esta órbita y el tiempo periódico son un efecto de la fuerza de proyeccion y de la fuerza de pesantez : se sabe lo que la luna pesa á los 60 radios ; lo que pesaria sobre la superficie de la tierra, qual es su velocidad en un caso , y qual lo seria en el otro ; y ya sea que ob-

servemos, ya que calculemos, los resultados son siempre unos mismos. Así es que toda la teoría de este sistema está demostrada por la evidencia de hecho y la evidencia de razon.

CAPÍTULO X.

DE LA PESANTEZ DE LOS cuerpos sobre los diferentes planetas.

Es una cosa verdaderamente admirable que el hombre haya llegado á pesar en cierto modo los cuerpos celestes. ¿Pero creeríamos nosotros que llegaríamos á determinar con corta diferencia el peso que tendrían en la superficie de Saturno y en la de Júpiter los cuerpos que pesamos en nuestro globo? Por ventura ¿quando hemos visto la ignorancia con que comenzamos, pudieramos preveer que nos habíamos de elevar á estos conocimientos? Pero quando observamos y raciocinamos, trasladamos, por decirlo así, de

un planeta á otro , no hacemos mas que tomar el peso y pesar.

Estas investigaciones exigen sin duda muchos cálculos , en cuyos pormenores no es mi intención entrar , porque debo suponer que muchos de mis lectores no tienen aun bastante fuerza en la mano para sostener la balanza ; y porque ademas no es poco manifestarles á lo léjos á Newton pesando el universo y sus partes. El peso de un cuerpo sobre un planeta no es mas que el efecto de la fuerza atractiva sobre el cuerpo , y recíprocamente del cuerpo sobre el planeta. Esta fuerza existe en cada partícula , y por consiguiente está compuesta de tantas fuerzas particulares quantas son las partes que entran en cada masa ; y de aquí se infiere que á distancias iguales la atraccion estará siempre en proporcion con la cantidad de materia.

Síguese de aquí , que el peso de unos mismos cuerpos es mayor en la superficie de un planeta que á qualquiera otra distancia ; que este peso es mayor por encima que por debaxo de la superficie mis-

ma, aunque en este caso los cuerpos esten
 F. mas proximos al centro. A por exemplo, si
 45. solo atendiesemos al centro, deberia ser
 atraido con tanta mayor fuerza quanto ma-
 yor es su proximidad: pero vemos que la
 materia que se extiende por encima dismi-
 nuye necesariamente su peso á propor-
 cion, que siendo en mayor cantidad atrae
 tambien mas.

Si los planetas son iguales en masa y en volúmen, unos mismos cuerpos pe-
 saran igualmente en sus superficies.

Si siendo desiguales en masa son igua-
 les en volúmen, los mismos cuerpos colo-
 cados en la superficie pesaran mas en
 los unos, y menos en los otros; y esto
 en razon de la cantidad de materia que
 los planetas contengan.

Si los suponemos desiguales en volú-
 men, é iguales en masa, los cuerpos tras-
 ladados de los menores á los mayores,
 pesaran en razon inversa del quadrado
 de las distancias.

En fin, en el caso de ser á un mis-
 mo tiempo desiguales en masa y en vo-

lúmen , los cuerpos pesaran en razon directa de la cantidad de materia , y en razon inversa del quadrado de las distancias.

Ya es pues fácil comprehender como, dándonos conocida la masa y el diámetro de los planetas , podemos juzgar del peso que tendria en cada uno de ellos un cuerpo que pesa aquí una libra.

☉ Sobre Júpiter , el mayor de todos los planetas , aumentan los pesos ; pero no en la misma razon en que Júpiter excede á la tierra en cantidad de materia: porque si es verdad que los cuerpos que estan en la superficie son atraidos por una masa mayor , tambien lo es que son menos atraidos por el centro , del qual estan mas apartados. Así es que sobre la superficie de Júpiter que tiene 200 veces mas materia que la tierra , se halla que el peso de un cuerpo no es mas que el duplo de lo que es sobre la superficie de nuestro globo.

Así mismo , sobre la superficie de la luna los cuerpos pesan mas á proporcion que sobre la superficie de la tierra : es

verdad que este planeta tiene 40 veces ménos materia, pero tambien lo es que los puntos de su superficie estan ménos distantes del centro, puesto que su diámetro es al de la tierra como 100 es á 365.

Así es, que segun la masa y el diámetro de un planeta se juzga del peso de un cuerpo en su superficie. Pero conviene advertir que en estas cosas no es posible saber la verdad á punto fixo, y que es preciso contentarnos con aproximarnos á ella quanto sea posible, lo qual no es poco á la verdad.

CAPÍTULO XI.

CONCLUSION DE LOS CAPÍTULOS anteriores.

Quan ignorante y sublime á un mismo tiempo es el hombre! No alcanza á descubrir cada cuerpo en particular, y abraza con su entendimiento la inmensidad del universo: comprehende el

sistema de las cosas , y no conoce la naturaleza de estas. Si ponemos en equilibrio el ástil de una romana sobre la punta de una aguja , haremos con el dedo girar al rededor de un mismo centro los cuerpos que estan en los extremos. Esta es en cierto modo la imágen del universo , y así es como Newton le hace mover.

Por poco que reflexionemos acerca de la romana , la palanca , la rueda , las poleas , el plano inclinado y el péndulo, veremos que estas máquinas y otras mas compuestas se reducen á una sola , á saber : la romana ó la palanca. La identidad es visible ; estas máquinas toman diferentes formas para producir mas comodamente diferentes efectos , pero en realidad no son mas que una sola.

Ahora pues ; nuestro universo es únicamente una romana grande. El sol fixo en el brazo mas corto está en equilibrio con los planetas colocados á diferentes distancias , y todos estos cuerpos se mueven sobre un punto de apoyo , que se llama centro comun de gravedad.

Esta comparacion basta para manifestarnos como todas estas masas son regladas en su curso por la misma fuerza que hace que se nos caiga un peso de la mano , si cesamos de sostenerle. La pesantez es la ley general , por la qual el sol lleva al rededor de sí á Mercurio , Venus , la Tierra , Marte , sus lunas , sus satélites y los cometas.

Pero así como todas las máquinas, desde la mas sencilla hasta la mas compuesta se reducen á una sola , que toma diferentes formas para producir efectos diferentes , así tambien las propiedades que descubrimos en una serie de máquinas, y de las quales las unas son mas compuestas que las otras , se reducen á una propiedad primitiva , que á fuerza de transformarse es á un mismo tiempo una y múltipla ; porque si en realidad no hay mas que una máquina , en realidad no hay tampoco mas que una propiedad, de lo qual nos convenceremos , si consideramos que únicamente nos hemos elevado de conocimiento en conocimiento,

porque hemos pasado de proposiciones idénticas á proposiciones idénticas. Pero si pudiesemos descubrir todas las verdades posibles, y convencernos de ellas de un modo evidente, formaríamos una serie de proposiciones idénticas igual á la serie de verdades: por consiguiente, veríamos que todas las verdades se reducen á una sola. Si hay pues verdades cuya evidencia se nos oculta, es porque no podemos descubrir la identidad que ellas tienen con otras verdades que conocemos evidentemente; y todo nos prueba que la identidad es, segun ya he dicho, la única señal de la evidencia.

Me he limitado hasta ahora á los conocimientos que la evidencia de hecho, y la evidencia de razon nos ofrecen acerca del sistema del mundo. Réstanos estudiar muchas cosas mas, de las quales enseñaré una parte, tratando de los restantes medios de instruirnos; y esto formará el asunto de los libros siguientes.

LIBRO CUARTO.

*DE LOS MEDIOS POR LOS
quales tratamos de suplir por
la evidencia.*

CAPÍTULO PRIMERO.

*REFLEXIONES ACERCA DE
la atraccion.*

Hemos visto las leyes que sigue la atraccion quando obra á distancias considerables ; pero hay otra atraccion que obra á distancias muy cortas , y cuyas leyes no conocemos igualmente.

¿ Por qué la atraccion se manifiesta generalmente en todo cuerpo ? Sin duda es porque está en cada partícula ; y esto es lo que ha hecho advertir que esta fuerza es siempre proporcional á la cantidad de materia. Parecia pues que la atraccion deberia siempre seguir la mis-

ma ley , y por consiguiente obrar siempre en razon inversa del quadrado de las distancias. Pero no es así ; y esto basta para hacernos comprehender la necesidad de unir la observacion al raciocinio , como único medio de cerciorarnos de una verdad fisica.

Sin embargo , apénas los filósofos hallan una ley confirmada por la experiencia en algunos casos , se apresuran á generalizarla , creyendo tener todo el secreto de la naturaleza. Este modo de filosofar será , si se quiere , cómodo , pero seguramente no es el mas sabio. Es indudable que es preciso generalizar , y que este es el único medio de ordenar los conocimientos , pero la manía de generalizar ha producido muchos extravíos , y es el principio de todos los malos sistemas.

Los Neutonianos no son con respecto á esto los que mas se han extraviado , porque se han dirigido por experiencias muy patentes ; sin embargo , no todos estan exentos de falta. Queriendo referirlo

todo al principio de la atraccion , se han contentado muchas veces con razones vagas , que quando mas podemos considerar como ingeniosas. Las partes pequeñas de la materia se atraen fuertemente al punto de contacto , ó muy cerca de este punto ; pero á una distancia corta disminuye repentinamente esta fuerza , y llega á desaparecer : por exemplo , las partículas de agua forman una gota inmediatamente que se tocan , y por muy poco apartadas que esten ya las unas no obran sobre las otras. No se ha observado lo mismo con respecto á las partículas de aire , de fuego y de luz. ¿ Por qué pues estos fluidos no forman gotas , si , como se supone , la atraccion se halla igualmente en todas las partes de la materia ? Seguramente no se dirá que las partículas de estos fluidos jamas se tocan , porque no es posible probar esto : por consiguiente , aquí hay un misterio que no podemos penetrar. No es mi ánimo inferir de aquí que las partículas de aire , de fuego y de luz no estan sujetas á la

atraccion mutua , sino solamente que todavía no sabemos lo bastante para aplicar igualmente este principio á todas las partículas de la materia. Si este principio es general ¿ como no produce siempre los mismos efectos ? ¿ Como es que su accion varía segun los casos , y que él se encubre hasta el punto de ser necesarias muchas experiencias para descubrirle en todas partes ? Voy á presentar algunos exemplos de esta atraccion que obra á cortas distancias.

Dos vidrios tersos , limpios y enxutos se unen fuertemente entre sí , y no es posible separarlos sino con muchos esfuerzos. Lo mismo sucede en el vacío , lo qual es una prueba de que no debemos atribuir esta cohesion á la presion del aire que los rodea.

Si ponemos entre estos vidrios una hebra de seda muy delgada no será necesaria tanta fuerza para separarlos. Y aun será menor el obstáculo que hallemos si los separamos por dos ó por tres hebras torcidas , lo qual parece probar que la atraccion

recíproca de estos vidrios disminuyan á proporcion que estan mas apartados entre sí.

Si sumergimos un cuerpo sólido en un fluido , y le levantamos suavemente, continuará el líquido unido á su superficie inferior , y formará una columna entre el sólido y la superficie del líquido. Si levantamos mas el sólido , la columna se desprenderá y caerá , porque la atraccion que la ha levantado cederá á la pesantez. ●

No hablaré de las experiencias que prueban al parecer que la atraccion aparta de la línea recta los rayos de luz. Tampoco hablaré de la atraccion del magnetismo , ni de la atraccion de la electricidad que obra á distancias mas notables , porque aun no es ocasion de tratar de estas cosas. Me contentaré solamente con advertir que en todos estos casos las leyes que sigue la atraccion no tienen uniformidad alguna , y que probablemente quanto mayor sea el número de experiencias que hagamos , tanto mas nos convenceremos de que este principio obra de diferente modo.

No es esto decir que el principio de la atraccion no sea general, porque la accion de una causa debe variar segun varian las circunstancias. Pero sería preciso ver todas las circunstancias para ver como la atraccion obra en cada una de ellas. Yo temo mucho que nunca lleguemos á saberlas lo bastante. Por consiguiente, debemos entretanto suspender nuestro juicio.

Sin embargo, con arreglo á este principio tan poco conocido es como los Newtonianos han emprendido la explicacion de la solidez, la fluidéz, la dureza, la blandura, la elasticidad, la disolucion, la fermentacion &c.^a Voy á presentar en pocas palabras una idea del modo con que raciocinan.

Hemos visto que hay dos especies de atracciones; la una que obra en razon del quadrado de las distancias, y la otra que solo obra en el punto de contacto, ó que á lo ménos se desvanece á la menor distancia. Esta segunda atraccion es la que conviene á los átomos; es de-

cir, á las pequeñas partes de que se supone que estan compuestos los cuerpos.

Supuesto que las partículas no se atraen sino en el punto de contacto, su fuerza atractiva debe ser proporcional á las superficies que se tocan, y las partes un poco apartadas de la superficie no contribuirán de modo alguno á la cohesion.

Pero es claro que proporcionalmente hay mas superficie en un cuerpo pequeño que en un cuerpo grande: vemos por exemplo que un dado tiene seis caras iguales. Coloquemos uno de estos sobre otro igual, y considéremoslos como un solo cuerpo duplo del primero. Advertiremos que las caras no son como las masas, porque en el dado duplo no son como doce duplo de seis, sino solamente como diez. Á la geometría corresponde demostrar esta proposicion. Por ahora me basta presentar de ella un exemplo sensible.

Pero supongamos unos átomos cuyas superficies sean planas, y otras cuyas superficies sean esféricas. Los primeros se uniran fuertemente entre sí, porque

se tocan en todos los puntos de su superficie : estos átomos pues formaran los cuerpos que llamamos sólidos. Los otros no se tocan mas que en un punto infinitamente pequeño , por consiguiente casi no se uniran entre sí ; y de estos corpusculos es de los que se forman los fluidos , cuyas partes ceden al menor esfuerzo.

• Variemos la figura de los átomos , y variará la contextura de los cuerpos. Habrá en estos mas ó ménos vacío , y las superficies interiores se tocan en mas ó ménos puntos. De aquí los cuerpos mas ó ménos duros.

Supongamos á un cuerpo comprimido por un peso , de suerte que las partículas elementales , despues de haber sido apartadas de su primer punto de contacto , vengan á tocarse en otros puntos , y que entónces , pegándose unas con otras en una situacion diferente de aquella en que se hallaban ántes de la presion , permanezcan en esta situacion. Un cuerpo que se presta con esta facilidad á todas las

formas que queremos darle , es lo que se llama un cuerpo blando.

Mas si la presion ha sido bastante para destruir el primer contacto , pero no para producir uno nuevo , las partículas volveran á tomar su primera situacion tan luego como la presion cese. Este es el fenómeno de la elasticidad.

Si las partículas de un cuerpo duro sumergido en un fluido se atraen recíprocamente con una fuerza menor que aquella con que las atraen las partículas del fluido , el cuerpo se disolverá, y se esparcirá aquí y allí en partecillas. He aquí la disolucion.

Si los corpúsculos elásticos nadan en un fluido , y se atraen recíprocamente, chocaran entre sí , y se apartaran en virtud del choque. De este modo atraídos y rechazados continuamente caminaran en todas direcciones con un movimiento cada vez mas rápido. De este modo se hace la fermentacion y la ebullicion.

Estas explicaciones son muy ingeniosas , y lo son aun mucho mas que todo

lo que se habia imaginado ántes del newtonianismo. Pero en ellas no hallamos esta especie de evidencia que resulta de la conformidad, del razonamiento y de la observacion; y acerca de esto los Neutonianos imaginan en vez de racionar.

¿Por qué hemos considerado la atraccion como la causa del movimiento de los cuerpos celestes? Porque la observacion y el racionio estàn conformes acerca de esto, y porque una y otra nõs demuestran las leyes segun las quales obra este principio. Pero quando consideramos las partículas de la materia, no podemos determinar estas leyes con precision. Ahora pues ¿si no podemos determinarlas como podremos convencernos de que la atraccion es la única causa de los fenómenos? Tal vez lo será, pero ignorando el modo con que obra ¿como podremos cerciorarnos de que lo sea? No hay regla para racionar bien quando nos faltan las observaciones.

Unas veces la accion de los cuerpos

que se atraen , está en razon inversa del quadrado de las distancias , otras no es perceptible sino en el punto de contacto ¿por qué pues esta diferencia? Convengo en que variando las circunstancias , un mismo principio debe obrar segun las leyes que igualmente varian. Pero aun hay mas ¿qual es la variedad de las circunstancias , y qué variedad en las leyes debe producir la diferencia de las circunstancias? He aquí lo que sería preciso conocer exáctamente ántes de raciocinar acerca de los fenómenos.

Probablemente no hay mas que un solo principio : mas por ventura ¿es este la atraccion ó es otro? esto es lo que ignoramos. Supongamos que sea la atraccion. Está demostrado por lo ménos que no sabemos qual es su primera ley. No es la del quadrado , porque esta no se verifica con respecto á las partículas de la materia : no es la del contacto , porque no se manifiesta en los fenómenos de aquellos cuerpos que giran por encima de nosotros : ni la una ni la otra

es uniforme ni universal. Hay pues una ley mas general, de la qual estas no son mas que conseqüencias. ¿Pero qual es esta?

Resta pues descubrir un principio mas general que la atraccion, ó á lo ménos una ley mas general que todas las que hemos observado. Supuesto que los filósofos se complacen en hacer hipótesis, haganlas enhorabuena, pero hagan principalmente experiencias, y tal vez llegaran á nuevos descubrimientos. Newton ha extendido tanto los límites de nuestros conocimientos, que podemos lisonjearnos de extenderlos aun mas; y sería tanta temeridad decir que ya no es posible descubrir cosa alguna, como poco conforme á la razon el asegurar que se ha descubierto todo.

La atraccion exíste: esto es indudable; pero es la atraccion una qualidad esencial á la materia, ó una qualidad primordial? Esta es la cuestión que atormenta á los filósofos. ¿Pero qué importa que la atraccion sea esencial ó pri-

mordial? Es un fenómeno, y esto basta. A la verdad es cosa digna de admiración ver á los hombres querer decidir de lo que es esencial á una cosa cuya esencia no conoce, y no parece sino que los filósofos se ocupan en disputar acerca de aquello de que no tienen ideas. Si empleasen el mismo tiempo en observar, la filosofía haria seguramente mas progresos.

¿Qué es pues lo que se llama atracción? Un fenómeno que sirve para explicar otros muchos, pero que está aun muy distante de explicarlos todos, y que supone en sí, ó á lo ménos parece que supone un principio más general.

CAPÍTULO II.

DE LA FUERZA DE LAS conjeturas.

Las conjeturas son el grado de certeza que mas se aparta de la evidencia, pero esto no es un motivo para desechárlas; por ellas han principiado las

ciencias y las artes, porque ántes de ver la verdad la vislumbramos; y muchas veces no llegamos á la evidencia sino despues de haber andado á tientas. El sistema del mundo que Newton nos ha demostrado, habia sido vislumbrado por ojos que no podian comprenderle, porque aun no sabian ver lo bastante.

- La historia del entendimiento humano prueba que las congeturas son frecüentemente el camino de la verdad. Nos veremos pues precisados á congeturar mientras tengamos descubrimientos que hacer, y congeturaremos con tanta mayor perspicacia, quanto mayor sea el número de descubrimientos que hayamos hecho.

Pero aquí hay algunos extremos que evitar, porque los filósofos pueden ser crédulos por presuncion, é incrédulos por ignorancia.

Unos porque tienen evidencia en algunos casos no quieren creer cosa alguna quando la evidencia les falta; algunos tambien se niegan á la evidencia, y por-

que hay opiniones inciertas, quieren que todos los sistemas sean inciertos. Otros en fin se abandonan á qualquiera verosimilitud, oyen siempre la verdad, la ven, la tocan. Son hombres que sueñan despiertos, y que se sorprenden quando los demas no sueñan como ellos.

Los hombres se han engañado de tantos modos, que casi se puede creer que no nos han dexado camino nuevo para extraviarnos. La filosofia es un océano, y los filósofos no son mas que pilotos cuyos naufragios nos manifiestan los escollos que debemos evitar. Navegando en pos de ellos tenemos la ventaja de surcar con mas seguridad un mar en que ellos han sido mas de una vez juguetes de los vientos. Sondemos sin embargo con cuidado, y temamos exponernos en las aguas en que no sabriamos que rumbo seguir.

Quando el cielo está sereno no pierde el rumbo el buen piloto. La estrella polar se muestra colocada en los cielos para manifestarle por donde debe dirigir se

carrera. Però si no tiene guía segura quando las nubes obscurecen los aires, no por esto desespera de su salvacion: juzgando del lugar en que se halla con el auxilio del cálculo, y del camino que debe tomar, congetura, adelanta con mas precaucion, no acelera su marcha, y espera que se le manifieste el astro que debe dirigirlo. Así es como nosotros debemos conducirnos. Puede ser que la evidencia no se nos manifieste al principio; pero esperando descubrirla podemos formar congeturas, y quando llegue á mostrársenos, juzgaremos si nuestras congeturas nos han puesto en el verdadero camino.

El mas débil grado de congeturas es aquel en que, no teniendo razon para afirmar una cosa únicamente la afirmamos, porque no vemos porque esta cosa no sería. Si usamos de estas congeturas sea únicamente como de unas suposiciones, y en este caso es preciso no descuidar el hacer las investigaciones propias para destruirlas ó confirmarlas.

Si no velamos sobre nosotros mismos

daremos á este modo de raciocinar mas valor del que realmente tiene , porque somos naturalmente propensos á creer una cosa quando no vemos la razon que hay para negarla.

Así es que inmediatamente que los filósofos se convencieron de que los planetas giran al rededor del sol , supusieron que las órbitas de estos eran círculos perfectos , cuyo centro ocupaba el sol , y que los planetas describian con un movimiento igual. Juzgaron de este modo únicamente porque no tenían motivo para juzgar de otro ; y aun continuarían creyendo esto mismo , si las observaciones no les hubiesen obligado á variar el lugar del sol , á señalar nuevos caminos á los planetas , y acelerar y retardar sucesivamente sus movimientos. Ninguno previó , ántes de que se hiciesen estas observaciones , que fuese necesario en algun tiempo variar cosa alguna de las primeras suposiciones ; no porque tuviere razones para preferir estas , sino porque no tenía razones para desecharlas. Un cír-

culo perfecto, un centro y unos movimientos siempre iguales son ideas tan claras y tan fáciles de comprehender que, creyendo que ellas son las mas simples para la naturaleza, porque son las mas simples para nosotros, juzgamos que la naturaleza las ha elegido como las hubieramos elegido nosotros mismos, y las adoptamos sin congeturar que sea necesario exâminarlas. Pero si á todo esto queremos substituir movimientos desiguales, órbitas excéntricas, elípticas &c.^a el entendimiento no sabe en que fixarse, no puede determinar estos movimientos y estas órbitas. No se halla tan gustoso en esta opinion, y exige la razon, por la qual debe preferirla.

Las congeturas de segundo grado son aquellas, por medio de las quales preferimos entre muchos medios de producir una cosa aquel que consideramos como el mas sencillo, fundados en la suposicion de que la naturaleza obra tambien por los medios mas sencillos.

Esta suposicion es verdadera generalmente hablando; pero en la aplicacion

puede hacernos incurrir en algunos errores. Es indudable que si basta una primera ley para producir una serie de fenómenos Dios no ha empleado dos : como así mismo , que si son necesarias dos , y no mas , no ha empleado tres. Así es que las primeras leyes del universo son sencillas , porque todas son igualmente necesarias con relacion á los fenómenos que es preciso producir. Pero esta ley obra de diferente modo segun las circunstancias , y de aquí ha resultado que hay necesariamente una muchedumbre de leyes subordinadas y efectos complicados ; es decir , producidos por una muchedumbre de causas que se embarazan , ó que se modifican.

No hay duda de que el sistema mas sencillo es aquel en que una sola ley basta para la conservacion del universo entero ; pero la sencillez de este sistema dexaria de subsistir en el caso de que cada fenómeno hubiese de ser producido por una causa particular y única. Sería á la verdad complicar el todo

suponer tantas causas como fenómenos, y es mas sencillo el que muchas causas concurren á la produccion de cada uno, quando estas causas existen ya, y son otras tantas consecuencias de una primera ley. Es pues preciso que en la naturaleza haya muchos efectos complicados; mas no por eso dexan de ser muy sencillos y muy regulares.

¶ Pero el filósofo, á quien es imposible ver la relacion de un efecto al todo, incurrir en el inconveniente de juzgar complicado aquello que no lo es, ó que lo es únicamente con respecto á él: y juzgando temerariamente de la sencillez de los medios de la naturaleza, supone que la causa que él se ha imaginado es la verdadera y la única; porque basta á su modo de entender para explicar un fenómeno cuya razon averigua.

Así es, que este principio: *la naturaleza obra siempre por los medios mas sencillos*, es muy buena en la especulacion, pero difícil en la aplicacion.

La fuerza de este grado de conge-

tura es tanto mayor , quanto mayor es la seguridad que tenemos de conocer todos los medios que hay para producir una cosa , y quanto mayor es tambien nuestra facilidad de juzgar de su sencillez. Por el contrario , la fuerza de este grado de congetura disminuye quando disminuye la certeza de haber apurado todos estos medios , y quando no somos capaces de juzgar de su sencillez ; y este es el caso en que se han hallado la mayor parte de los filósofos.

Las congeturas pues no son fundadas sino á proporcion que , comparando todos los medios , podemos convencernos mas y mas de que aquella que hemos preferido es muy sencilla , y de que las demas son muy complicadas.

Por exemplo , es evidente que la revolucion del sol puede ser producida ó por su movimiento , ó por el de la tierra , ó por los dos á un mismo tiempo no hay un quarto medio.

Pero el medio mas sencillo es el de hacer girar la tierra sobre sí misma y

al rededor del sol: de lo qual quedaremos convencidos mas adelante, y advertiremos que este principio no es el que mejor demuestra la verdad del sistema copernicano.

Es un defecto general el querer siempre referirlo todo á una sola causa. Me parece que estoy oyendo á los filósofos gritar por todas partes: *los medios de la naturaleza son sencillos: mi sistema es sencillo: luego mi sistema es el de la naturaleza.* Pero á la verdad es muy difícil que estos hombres sean jueces de lo que es sencillo y de lo que no lo es.

No debemos pararnos en congeturas, sino quando estas pueden abrirnos un nuevo camino á nuevos conocimientos. Á las congeturas corresponde indicarnos las experiencias que debemos hacer, y es preciso que tengamos alguna esperanza de poder algun dia confirmarlas ó substituirles alguna cosa mas útil: no debemos pues hacerlas sino quando puedan llegar á ser el objeto de la evidencia de hecho y

de la evidencia de razon. No hay pues cosa más fútil que una congetura que por su naturaleza no puede jamas ser confirmada ni destruida. Tales son , por exemplo , las de los Neutronianos para explicar la solidez , la fluidez &c^a.

La historia es el verdadero campo de las congeturas. Lo principal de los hechos tiene una certeza que se aproxima mucho á la evidencia , y que por consiguiente no dexa lugar á dudar. Pero no sucede lo mismo con respecto á las circunstancias. Las reglas que conviene seguir en este caso son muy difíciles , pero como ya he dicho aun no nos hallamos en estado de entrar en esta investigación.

CAPÍTULO III.

DE LA ANALOGÍA.

La analogía es á modo de una cadena que se extiende desde las congetu-

ras hasta la evidencia. Así vemos que tiene muchos grados, y que no todos los raciocinios que hacemos por analogía tienen una misma fuerza: probemos pues si nos es posible valuarlos.

Raciocinamos por analogía quando juzgamos de la relacion que debe haber entre los efectos por la relacion que hay entre las causas, ó quando juzgamos de la relacion que debe haber entre las causas, por la relacion que hay entre los efectos.

Sean por exemplo las revoluciones diurnas y anuales, y la variedad de las estaciones de la tierra los efectos que observamos, y cuya causa tratamos de averiguar por medio de la analogía.

No nos hallamos, es verdad, en los demas planetas para observar en ellos los mismos efectos, pero vemos que describen órbitas al rededor del sol, que tienen sobre sí mismo un movimiento de rotacion. He aquí las causas. Así, observando por una parte la tierra advertimos efectos, y por otra parte observan-

de los planetas advertimos causas. Pero es evidente que estas causas deben producir en estos planetas periodos que correspondan á nuestros años, á nuestras estaciones y á nuestros dias. De este modo descendemos de las causas á los efectos.

Puesto que los efectos son de la misma especie que los que observamos en la tierra, podemos subir de los efectos á la causa, y dar á la tierra un movimiento de rotacion, y un movimiento de revolucion al rededor del sol.

Por una parte los efectos son : *años, estaciones, dias*; por otra las causas son: *rotacion al rededor del eje, revolucion al rededor del sol, inclinacion del eje.*

Advertimos estas causas en Júpiter, y considerando que ellas deben producir años, estaciones y dias, inferimos por analogía que la tierra, que es del mismo modo que Júpiter un globo suspendido, no tiene años, estaciones y dias, sino porque tienen dos movimientos, el uno de rotacion al rededor de su eje inclinado, y el otro al rededor del sol: esta es la mayor analogía.

Juzgar de una causa por un efecto que no puede ser producido mas que de un modo, es juzgar segun la evidencia de razon: quando es posible producir un efecto de dos modos se juzga de él por analogía diciendo: allí es producido por tal causa; luego aquí no debe ser producido por otra.

En este caso es preciso que nuevas analogías concurren á apoyar la primera. Ahora pues; dos son las que prueban el movimiento de la tierra al rededor del sol. Mas adelante veremos como demuestra la observacion, que la tierra dista del sol mas que Venus y ménos que Marte. Siendo esto así, recordemos los principios que hemos establecido, y conoceremos que la tierra debe emplear en su revolucion ménos tiempo que Marte, y mas que Venus; y esto es precisamente lo que confirma la observacion, porque la revolucion de Venus es de ocho meses, la de la tierra de un año y la de Marte de dos.

La última analogía está sacada de

Kepler : los quadrados de los tiempos periódicos son proporcionales á los cubos de las distancias : digamos pues.

Como 729 quadrado de 27 , que es el tiempo de la revolucion de la luna, es á 133225 quadrado de 365 , que es el tiempo de la revolucion que hemos supuesto que hace el sol ; así, 216000 cubo de 60 , que es la distancia de la luna en semidiámetros de la tierra , es al quarto término. Esta operacion nös dará 39460356 , cuya raiz cúbica es 340. Por consiguiente , la tierra no puede distar del sol mas que 340 radios. Pero está demostrado por la observacion que su distancia es á lo ménos 30 veces mayor, luego está igualmente demostrado que no es el sol el que se mueve.

¿ En qué nos fundaremos para creer que la tierra sea una excepcion y una ley, que la observacion y el cálculo hacen general ? La preocupacion no alegaria mas que apariencias en favor de esta excepcion , la qual por consiguiente está destituida de todo fundamento : tras,

ladémonos sucesivamente á todos los planetas ; cada uno de estos nos parecerá inmóvil , y el movimiento del sol mas ó ménos rápido segun vayamos pasando de un planeta á otro. En Saturno juzgaremos que el sol acaba su revolucion en 30 años ; en Júpiter que la acaba en 12 ; en Marte en 2 ; en Venus en 8 meses ; en Mercurio en 3 ; así como juzgamos que acaba su revolución en un año al rededor de la tierra. Pero es claro que el sol no puede tener todos estos movimientos á un mismo tiempo , y que no hay mas razon para atribuirle el movimiento al rededor de la tierra , que es aparente , que para atribuirle el movimiento al rededor de qualquiera otro planeta. Así como nosotros vemos desde aquí el error en que estaria un habitante de Júpiter que se creyese inmóvil , así tambien el habitante de Júpiter ve el error en que nos hallamos quando creemos que todo gira al rededor de nosotros.

Entre todos los planetas , solo Mercurio es aquel cuya revolucion al rede-

dor de sol no ha sido posible observar. La causa de esto es la proximidad á que está este astro , pero la analogía apoyada por los principios que hemos establecido no nos permite dudar de esto. Mercurio caería indudablemente en el sol si no se moviese con un movimiento rápido al rededor de este astro.

Saturno y Mercurio son los únicos planetas cuya rotacion no ha sido posible observar todavía , pero podemos suponerla por analogía.

Tal vez la rotacion debe ser un efecto de la revolucion de Saturno al rededor del sol , y la de los satélites al rededor del mismo Saturno. Sin embargo esto no está demostrado. Así en este caso la analogía no concluye del efecto á la causa , ni de la causa al efecto , sino de las relaciones de semejanza , y por esta razon tiene ménos fuerza.

Tal vez podia suceder que Saturno girase al rededor del sol como la luna al rededor de la tierra , preséntandole siempre el mismo hemisferio , y en este

caso su movimiento de rotacion sería sumamente lento. Pero hay una consideracion que destruye al parecer esta suposicion , y es que en la mucha distancia á que se halla Saturno del sol , sus hemisferios necesitan mucho mas que otros de ser alumbrados. Esta necesidad es tambien una prueba tanto mas fuerte quanto es ménos posible imaginar que el autor de la naturaleza , que ha tenido la precaucion de dar á este planeta muchos satélites y un anillo luminoso , no le haya hecho girar mas rápidamente sobre su exe.

La rotacion de Mercurio está igualmente fundada en la analogía , y en que, por otra parte , la proximidad del sol exige al parecer que un mismo hemisferio no esté continuamente expuesto al ardor de sus rayos.

Añadamos á estas consideraciones que la rotacion en aquellos planetas en que la observamos es efecto de una ley que obra igualmente en todos. Por consiguiente , qualquiera que sea esta ley debe con

corta diferencia producir los mismos fenómenos en Mercurio y en Saturno, que los que produce en los demas, porque todo sistema supone un mismo principio que obra en todas las partes, y que por consiguiente produce en todas partes efectos de un mismo género.

Hemos visto que hay una analogía que concluye del efecto á la causa, ó de la causa al efecto: otra que concluye sobre relaciones de semejanza; y otra en fin que concluye de la relacion al fin.

Si la tierra tiene una doble revolucion, es á fin de que sus partes sean sucesivamente alumbradas y calentadas: dos cosas que tienen por objeto la conservacion de sus habitantes. Es así que todos los planetas estan sugetos á estas dos revoluciones, luego todos tienen igualmente habitantes que conservar.

La fuerza de esta analogía no es tan grande como la de aquella que está fundada en la relacion de los efectos á las causas; porque lo que la naturaleza hace aquí con un fin, en otra parte no lo

hace tal vez sino como una consecuencia del sistema general. Esto no obstante ¿qué razones tenemos para creer que todo está subordinado á la tierra? Las mismas que tendríamos para creer que todo estaba subordinado á Saturno si habitásemos en este planeta. Pero razones que prueban una misma cosa con respecto á todos los planetas, no prueban nada con respecto á alguno. Por consiguiente, no debemos creer que el sistema del universo no tenga por objeto mas que un átomo que se pierde al parecer en la inmensidad de los cielos. Sería seguramente atribuir á la naturaleza desig-nios muy pequeños el pensar que ha colocado los puntos luminosos por encima de nuestras cabezas únicamente con el fin de formar un espectáculo digno de nuestras miradas. Por otra parte ¿qué motivo ha tenido para crear los puntos luminosos que no hemos llegado á descubrir sino despues de mucho tiempo, y los que probablemente no descubriremos jamas? Convengamos pues en que estas

opiniones son excesivamente orgullosas y absurdas.

Está pues demostrado que los cielos no son un inmenso desierto , creado solamente para una vista tan corta como la nuestra. La analogía no nos permite dudar de esto , quando consideramos el asunto en general ; pero si queremos juzgar de un planeta en particular , por exemplo de Venus , la analogía no tiene igual fuerza , porque no podemos probar que en esta no hay excepcion alguna , y que esta excepcion no sea en favor de Venus. Entretanto seria mas conforme á razon el suponer á Venus habitado.

Pero ¿ qué juicio nos formaremos de los cometas ? Paréceme que la analogía no nos ilustra aun lo bastante acerca de ellos , y que los conocemos muy poco. Las grandes variaciones que les acaecen en su tránsito del afelio al perihelio , no nos dexan comprehender como los habitantes podrian conservarse en ellos.

En quanto al sol , ó mas bien en quanto á todos los soles que llamamos

estrellas fixas , podemos limitarnos á creer que estan subordinados á los mundos , á quienes envian su luz y su calor.

Añadiré á lo dicho un exemplo á fin de hacer mas perceptibles todos los grados de analogía.

Supongo dos hombres que han vivido tan separados del género humano , y tan separados entre sí , que cada uno de ellos se cree de una especie distinta de la del otro. Permitáseme esta suposicion á pesar de ser tan violenta. Si la primera vez que se encuentran se apresuran á formar el uno del otro este juicio : *es sensible como yo ; esta analogía es la del grado mas débil , y está únicamente fundada en una semejanza que los dos hombres no han examinado aun bastantemente.*

Estos dos hombres , á quienes al principio paró la sorpresa , comienzan á moverse , y uno y otro raciocinan de este modo : *el movimiento que hago está determinado por un principio que siente : mi semejante se mueve , luego hay en él un principio que siente.* Esta conclusion está fun-

dada en la analogía que sube del efecto á la causa , y el grado de certeza es mayor que quando la analogía estriba en la primera semejanza. Sin embargo , esto no es mas que una congetura. Hay muchas cosas que se mueven , y que sin embargo carecen de sentimiento. Por consiguiente , no todo movimiento tiene con el principio sintiente la relacion necesaria del efecto á la causa.

Pero si el uno ó el otro dixese : *advier- to en mi semejante movimientos siempre relativos á su conservacion. Busca lo que le es útil , evita lo que le es dañoso , emplea la misma habilidad y la misma industria que yo , hace en una palabra todo lo que yo hago con reflexiôn* : entónces supondrá con mas fundamento en el otro el mismo principio sintiente que descubre en sí mismo.

Si consideran despues ambos que sienten , que se mueven por unos mismos medios , la analogía subirá al mas alto grado de certeza , porque los medios contribuyen á hacer mas perceptible la relacion de los efectos á la causa. Y por

lo mismo, quando cada uno advierte que su semejante tiene ojos, orejas, juzga que tiene los mismos órganos, y que tiene los ojos para ver, las orejas para oír &c.^a Así como ha pensado que aquel que hace las mismas cosas que él es sensible, así tambien piensa lo mismo ahora con mas fundamento quando ve en él los mismos medios para hacerlo.

Entretanto estos hombres se acercan, se comunican sus temores, sus esperanzas, sus observaciones, su industria, y se forman un language de accion: ninguno de ellos puede dudar que su semejante une á los mismos gritos, y á los mismos ademanes las mismas ideas que él. La analogía pues tiene en este caso una fuerza nueva. ¿Como se podria suponer que aquel que comprehende la idea que yo uno á un gesto, y que por otro gesto él excita en mí una idea, carece de la facultad de pensar?

He aquí el último grado de certeza en el que se puede formar esta proposicion: *mi semejante piensa*: no es ne-

cesario que los hombres sepan hablar , pues el language de los sonidos articulados no añadiría cosa alguna á esta demostracion. Si estoy cierto de que los hombres piensan , es porque se comunican algunas ideas, no porque se comunican muchas : el número no contribuye en nada á mi certeza. Supongamos un pais de mudos ¿ creeremos que estos son autómatas ?

¿ Los brutos son máquinas ? Parece que sus operaciones , los medios de que se valen , y su language de accion no permiten suponerlo , porque esto sería cerrar los ojos á la analogía. Es indudable que la demostracion no es evidente, porque Dios podria hacer que un autómata executase todo lo que vemos que executa la bestia mas inteligente , y el hombre que muestra mas ingenio ; pero siempre se verificaria que nuestra suposicion era infundada.

LIBRO QUINTO.

*DEL CONCURSO DE LAS
congeturas y de la analogía con la evidencia
de hecho y la evidencia de razon ; ó por
que serie de congeturas , de observaciones,
de analogías y de racionios han llegado
los hombres á descubrir el movimiento
de la tierra , su figura ,
su órbita &c.*

El pueblo cree en las predicciones de los eclipses como cree en la lluvia y en el buen tiempo que le prometen los astrólogos. Para prestar su confianza en estos casos no procura comprehender como suceden las cosas , le basta el no poder imaginar el motivo que hay para que no sucedan ; y quanto mas extraordinarias son estas , tanto mas inclinado se siente á creerlas. Pero si decimos: *la tierra gira , el sol está quieto ; piensa , ó que se le engaña , ó que se dis-*

parata. Así es que el pueblo es crédulo por ignorancia, é incrédulo por preocupación.

Todo hombre es pueblo. Queremos pesar las opiniones, y no tenemos mas que falsas romanas: juzgamos de lo verdadero y de lo falso únicamente por las ideas que tenemos sin saber como las tenemos. El hábito nos arrastra y dexa la razon muy atras de sí. Veremos al filósofo mismo creer mas de lo que debe creer, desechar mas de lo que debe desechar, y dar por cierta una proposicion, no porque comprehenda de que modo es verdadera, sino porque no comprehende de que modo podrá ser falsa. Mas digo: y es que el filósofo es como el pueblo que cree en la lluvia, porque no ve como es capaz de engañarle el almanak.

En las investigaciones en que las congeturas concurren con la evidencia de razon es en donde hallaremos exemplos de esta especie de racionios. Mi intencion es librar á mis lectores de los es-

collos en que han chocado los mayores talentos. Creo que no hay cosa mas propia que las investigaciones hechas acerca de la figura de la tierra y de su movimiento , y acerca de algunos otros fenómenos que dependen de la una y del otro. Por otra parte , estas son cosas que entran en el plan de una buena educacion , y en las quales es preciso que tarde ó temprano se instruyan los que aspiren al buen saber.

CAPÍTULO PRIMERO.

PRIMERAS TENTATIVAS ACERCA de la figura de la tierra.

Ante todas cosas es preciso en esta especie de cuestiones distinguir la apariencia de hecho de la evidencia de hecho: sin esta precaucion apresuraremos nuestros juicios , y abrazaremos el error por la verdad. Por exemplo , la revolucion del sol al rededor de la tierra no es mas que una apa-

riencia de hecho ; pero es una evidencia de razon que este fenómeno puede ser producido de dos modos ; ó por el movimiento del sol , ó por el de la tierra. De aquí nacen naturalmente dos sistemas , y es preciso que observemos hasta tanto que tengamos motivos suficientes para preferir el uno al otro.

Así como nos engañan las apariencias acerca del movimiento de la tierra , nos engañan tambien acerca de su figura. En efecto , la tierra se nos presenta desde luego como una superficie plana sin movimiento , y situada en la parte mas inferior del mundo ; en tales términos que no imaginamos en que viene á parar el sol quando se pone , y como al cabo de algunas horas vuelve á parecer en un punto diametralmente opuesto : pero algunas observaciones han destruido insensiblemente preocupaciones que muchos filósofos partian con el pueblo.

Se advirtió que la esfera celeste giraba al parecer al rededor de un punto fixo que se llamó el polo del mundo.

Esta apariencia pudo provenir, ó de que los cielos se mueven efectivamente sobre el eje de la tierra, ó de que la tierra se mueve sobre sí misma, dirigiendo siempre su polo hácia un mismo punto del cielo. Pero aun no era tiempo de formar congeturas acerca de esta cuestión: era necesario formarlas ántes acerca de la figura de la tierra.

Es preciso considerar que si alzamos circularmente un cuerpo sobre una superficie plana, el momento de su mayor ó de su menor elevacion será uno mismo con respecto á todos los puntos de esta superficie; en vez de que si le hacemos girar al rededor de un globo, el momento de su mayor elevacion con respecto á un punto será precisamente el de su menor elevacion con respecto á otro. Se observa fácilmente que el momento de la mayor elevacion del sol no es uno mismo con respecto á todos los puntos de la tierra; por el contrario, se ve que acaece mas pronto para aquellos que estan hácia el lado en que él nace, y mas tarde pa-

ra aquéllos que estan hácia el lado opuesto ; y se concluyó con fundamento que la tierra en la direccion de oriente á occidente es una superficie convexâ. Despues que se observó el curso del sol , fue fácil advertir que , haciendo cada dia una revolucion , camina alternativamente en la direccion de un polo á otro. Digo *haciendo* , porque entónces no se trataba todavía de distinguir la apariencia de la realidad.

Se observó en los cielos el punto en que el sol , habiéndose acercado al norte , retrograda hácia el mediodia , y el punto en que , habiéndose acercado hacia el mediodia , retrograda hácia el norte. Se vió que este astro , despues de haber llegado al punto del norte , describe en una revolucion diurna un arco en el cielo : se vió que , despues de haber llegado al punto del mediodia , describe otro arco semejante y paralelo al primero , y se tuvo la mitad de estos dos círculos que llamamos *trópicos* , de una palabra que significa *vuelta*.

Á igual distancia de los trópicos y en una direccion paralela, se trazó del mismo modo la mitad del círculo máxîmo que se llama Equador, porque divide la esfera celeste en dos partes iguales.

No se tardó mucho en observar que el sol en el momento de su mayor elevacion está en frente del polo del mundo, teniendo entónces dos puntos opuestos; y tirando una línea desde el uno á el otro, se trazó una parte del meridiano, nombre que se da al círculo máxîmo que divide el cielo en dos partes, y al qual llega el sol al punto del mediodía. El meridiano cae perpendicularmente sobre el Equador, y corta á los trópicos en ángulos rectos.

El objeto de estas observaciones era trazar en el cielo rutas que no era posible trazar en la tierra, y distinguir las diferentes estaciones del año por el curso del sol. Es fácil conocer que para esto era preciso tener puntos fixos en el cielo, porque siendo la tierra desconocida de sus habitantes no era posible

juzgar de la posición de sus diferentes partes, sino buscando en el cielo los puntos á los quales correspondia cada una de ellas.

Una vez hallada la línea meridiana, fue fácil ir directamente al Norte ó al Mediodía, siguiendo directamente esta línea; y fue tambien fácil ir por qualquiera parte, observando el grado de obliquidad con que la meridiana era cortada por las diferentes derrotas que se querian seguir.

Viajando los hombres en la direccion del meridiano, vieron que las estrellas que tenian delante de sí se elevaban por encima de sus cabezas, mientras que las que dexaban detras baxaban, y aun algunas desaparecian: de este hecho evidente deduxeron una consecuencia evidente; y es que habian viajado sobre una superficie curva.

Una consecuencia de las observaciones era el que hubiese tantos meridianos como lugares, y que todos los meridianos concurriesen en el polo del mundo: lo qual

sirvió para probar que el hemisferio es convexo segun dos dimensiones perpendiculares entre sí. En consecuencia de esto se baxaron las líneas descritas en el cielo , y tuvieron en la tierra meridianos y arcos, que siendo paralelos al Equador , disminuyen á proporcion que se aproximan al polo ; de suerte , que el último coincide con el punto en que concurren los meridianos. De que los meridianos concurren en los polos se infiere que se acercan entre sí al paso que se extienden desde el Equador al punto de concurso.

Ahora pues ; trazemos en nuestro hemisferio cierto número de meridianos , y supongamos que viajamos en una direccion perpendicular á estas líneas ; es decir , en uno de los arcos paralelos al Equador.

Es evidente que segun la magnitud de estos arcos , que miden la distancia de un meridiano á otro , el momento de la mayor ó menor elevacion de los astros sucederá con respecto á nosotros mas ó ménos tarde ; porque el camino que

tendremos que andar será mas ó ménos largo á proporcion que caminemos mas ó ménos cerca de los polos. De este modo se confirmó la opinion de que la tierra es convexâ en la direccion de la meridiana y en la del Equador.

El movimiento diurno y aparente de los cielos ponía á los hombres en la necesidad de imaginar otro hemisferio en la tierra. Congeturaron pues que este hemisferio era igualmente convexô , porque no tenían motivo para imaginarle diferente: y desde entónces fue quando caminaron aceleradamente de congetura en congetura. Dixeron : si es cierto que hay otro hemisferio , este es enteramente como el nuestro ; los cielos giran por ambos , y ambos estan igualmente habitados: paradoxa que pareció al pueblo una cosa contraria á razon , al filósofo atrevida é impia al teologo , que creyó que otro hemisferio no podia ménos de ser otro mundo.

Esto á la verdad no era mas que una congetura. Si el nacer y ponerse el

sól demostraban la existencia de otro hemisferio , es indudable que no demostraban su figura. Los hombres le imaginaron convexô únicamente porque no tenían motivo para creerle diferente del que habitaban ; y le contemplaban habitado porque inmediatamente que la imaginacion supone semejanzas , las supone perfectas. Este juicio era verdadero, pero no era posible convencerse de ello: chocaba las preocupaciones , y la imaginacion que se habia apresurado á formarle experimentaba muchas dificultades al defenderle.

Este raciocinio : *el otro hemisferio es semejante al nuestro , porque no tenemos motivo para creer que no lo sea ; y si es semejante al nuestro puede estar habitado, y lo está efectivamente* : este raciocinio, digo , nos ofrece la idea de una congetura en su último grado. Esta especie de congetura sigue inmediatamente á las que son absurdas , porque no hay cosa alguna que la destruya , y precede inmediatamente á las que son probadas , por-

que no hay cosa alguna que la establezca. La única cosa que tiene en su favor es el no haberse demostrado que es falsa.

Podemos, y aun debemos tomarnos la licencia de usar de semejantes conjeturas, porque nos dan margen á algunas observaciones; pero es preciso no darles grado alguno de certeza, y considerarlas como suposiciones, hasta que la evidencia de hecho y la de razon, ó la analogía las confirmen. Vamos á ver los grados por los cuales la conjetura de los antípodas se eleva al carácter de una demostracion.

Los progresos de la astronomía fueron lentos. Es indudable que los hombres estuvieron mucho tiempo sin descubrir la sombra de la tierra en los eclipses de la luna; y probablemente este descubrimiento fue hecho por algun filósofo que creia equivocadamente que la tierra era redonda, de lo qual no podemos ya dudar.

Despues de lo qual comenzaron los hombres á comprehender que toda la tier-

ra podia estar habitada , porque siendo esta redonda es preciso que los cuerpos graviten en toda su superficie como gravitan en nuestro hemisferio. No se puede dudar que solo el equilibrio de todas estas partes es el que puede conservarle la redondez ; y se dexa conocer que el equilibrio se verificará siempre que todas ellas graviten igualmente hácia un mismo centro.

Inmediatamente se consideró como una cosa indudable que en todas partes los cuerpos gravitan igualmente , y que en todas partes se dirigen hácia un mismo centro. Si se creyó esto así no fue porque hubiese razones para afirmar esta uniformidad de pesantez y de direccion, sino porque aun no las habia para juzgar que la direccion y la pesantez variasen segun los lugares. Esta conducta de los filósofos es la que se necesita observar , si queremos valuar sus racionamientos , y precavernos contra los juicios, que con tanta precipitacion forman. En efecto , con el motivo que acabamos de

indicar, los filósofos han inferido mas de lo que debian inferir, porque muy pronto veremos que el equilibrio puede subsistir, y subsiste aunque la pesantez y la direccion varien de un lugar á otro. Sin embargo de esto, aunque esta teoría haya inducido á un error á los filósofos bastaba para destruir la principal dificultad que se oponia á la existencia de los antípodas: las leyes de la pesantez eran bastante conocidas para manifestar que no se vive cabeza abaxo en un hemisferio, y en otro cabeza arriba, y fue fácil prever que sería posible viajar algun dia por países que entónces parecian fabulosos. Apesar de esto, hasta que los viajeros dieron la vuelta al mundo, la existencia de los antípodas solo fue una congetura mas ó ménos fundada; y esta es la razon porque fue condenada por los teólogos. Pero si era un crimen el creer en los antípodas ¿qué crimen no debieron cometer los que emprendieron viages al rededor del mundo? Este último crimen sin embargo atraxo el perdon del prime-

ro , y los teólogos tuvieron la buena fe de ceder á la evidencia de hecho.

Apénas hubo razones para juzgar que la tierra era redonda , quando los filósofos se apresuraron á juzgar que era esférica. Pareció natural suponerla de esta figura ; en primer lugar , porque aun no tenían bastantes razones para imaginar que tuviese otra , y ademas porque entre todas las figuras redondas , la esférica es la que el entendimiento comprehende mas fácilmente. Si estos raciocinios no prueban cosa alguna , persuaden por lo ménos ; y así , solo en estos últimos tiempos es quando se ha comenzado á dudar de la esferoicidad de la tierra.

Un principio adoptado sin prueba induxo al error. Se supuso arbitrariamente que todos los cuerpos gravitan igualmente hácia el centro de la tierra , y se hizo este raciocinio : si nuestro globo estuviese compuesto de una materia fluida , todas las columnas serian iguales , todos los puntos de la superficie distarian igualmente del centro comun , y todas las partes de

este fluido se colocarian del modo mas conveniente para formar una esfera perfecta.

Este raciocinio es verdadero en la suposicion de que la pesantez sea igual en toda la circunferencia del globo , de lo qual no se dudaba , y por lo tanto se continuaba discurriendo de este modo. El mar cubre la mayor parte de la tierra , luego la superficie de esta es esférica ; y puesto que el continente se eleva poco sobre el nivel del mar , está demostrado que la tierra es una esfera.

Los hombres dotados de algun ingenio son consiguientes , así se dice por lo ménos ; pero los filósofos prueban frecuentemente lo contrario. Si se hubieran contentado con decir : la tierra es á poco mas ó ménos redonda , la sombra de esta , vista en la luna , y la pesantez de los cuerpos les hubieran bastado para probarlo ; pero ¿ en qué se ha convertido el espíritu filosófico , quando se ha juzgado que la tierra era esférica ? Este exemplo nos descubrirá como los hombres han

dado á las consecuencias mas extension que á los principios ; y quanto mas estudiemos el modo de ratiocinar de los hombres , mas nos convenceremos de que ellos infieren siempre ó demasiado, ó muy poco. He olvidado ademas exponer una de las razones que ha inducido á juzgar de que el mundo es una esfera , y es que de todas las figuras es la mas perfecta ; principio muy luminoso á la verdad : pero supongamos que la tierra es perfectamente redonda, y veamos como los hombres han llegado á medirla , y á no saber enteramente que figura darle.

CAPÍTULO II.

*COMO HAN LLEGADO LOS
hombres á medir los cielos y la tierra.*

Al juicio de que la tierra es redonda se siguió inmediatamente la continuacion de las curvas , trazadas ántes

encima de nuestro hemisferio , y la conclusion de los círculos principiados. Es fácil comprehender que para esta operación bastaba advertir algunos puntos fixos en el cielo.

Imaginemos ahora varios radios tirados desde el centro de la tierra á todos los puntos de la circunferencia del Equador , y prolonguémoslos hasta la mayor distancia : por este medio nos representaremos el Equador como un plano que corta á nuestro globo y los cielos en dos partes iguales. Del mismo modo consideraremos cada meridiano como un plano que los divide igualmente en dos , y que cae perpendicularmente sobre el plano del Equador.

Nos formaremos una idea del horizonte , quando , colocados en una campiña, miremos al rededor de nosotros , y quando imaginando un plano cuyo centro ocupemos dividamos el cielo superior del cielo inferior. He aquí lo que se llama *horizonte sensible*.

Este plano toca á la tierra en el pun-

to en que nos hemos parado: pero podemos representarnos un plano paralelo que divida al globo en dos hemisferios iguales: este plano es lo que se llama *orizonte verdadero ó racional*.

Si consideramos que la tierra es un punto con relacion á las estrellas, conoceremos que estos dos horizontes se confunden en uno solo. Qualquiera puede haber observado que quando se halla en una calle de árboles muy larga, ve que los dos lados se acercan insensiblemente; de suerte, que llegando á hacerse nula la distancia entre los dos últimos árboles, están estos con relacion al observador en una misma posicion, bien sea que los mire á lo largo de la fila que está á la derecha, ó á lo largo de la fila que está á la izquierda. Así es que una estrella observada desde el punto *a*, ó desde el punto *c* se nos manifiesta siempre en un mismo punto del cielo.

F. Es fácil comprehender como mudamos
 64. de horizonte mudando de lugar, y por consiguiente que hay tantos horizontes como puntos en la superficie de la tierra.

Si nos situamos sobre el Equador veremos que el plano del horizonte forma un ángulo recto con el plano del Equador. Si nos trasladamos al polo el plano del Equador coincidirá con el plano del horizonte. En fin, según las diferentes distancias del Equador ó del polo, estos dos planos formaran ángulos diferentes. Siendo esto así nos será fácil conocer las diferentes distancias á que estemos del polo ó del Equador, si hallamos un medio para medir los ángulos formados por dos planos.

Con esta mira se divide el meridiano lo mismo que todos los círculos de la esfera en 360 grados, cada grado en 60 minutos, cada minuto en 60 segundos, cada segundo en 60 terceros &c.^a

Se vé claramente que un ángulo que tiene su vértice en el centro de un círculo va teniendo diferentes valores según el número de grados contenidos en el arco opuesto al vértice, y nos será fácil determinar siempre igualmente el valor del ángulo, ya sea que el círculo

sea grande , ó ya que sea pequeño , con solo la diferencia de que en el primer caso los grados y los lados del ángulo serán mayores que en el segundo. El ángulo $A c B$ es uno mismo , ya sea que le midamos sobre el círculo $A B D$ ó sobre el círculo $a b d$.

Podemos imaginar una línea tirada desde un polo al otro. Esta línea sobre la qual parece que se mueven los cielos es la que por esta razon llamamos el exe del mundo. Por consiguiente , si queremos saber la distancia á que estan los polos del Equador , observaremos los ángulos que forma el exe con el diámetro de este círculo máxîmo , y veremos claramente que el meridiano queda dividido en quatro partes iguales. Por consiguiente , la medida de cada uno de estos ángulos será la quarta parte de 360, ó lo que es lo mismo 90 grados.

Para hallar la posicion de los lugares que estan entre el polo y el Equador nos servimos de un quarto de círculo dividido en grados , minutos &c^a.

y suponemos al observador en el centro de la tierra. El observador fixa el polo; dirigiendo despues su vista á lo largo de un radio que se eleva, v. g. por encima de Parma, fixa en el cielo el punto á que va á parar este radio. Por esta operacion ve en su quadrante la magnitud del arco del meridiano, y ya no tiene que hacer mas que contar para convencerse de que Parma está á 45 grados y 10 minutos del polo, y por consiguiente á 44 grados y 50 minutos del Equador.

Pero se me dirá que el observador no puede situarse en el centro de la tierra. Trataré pues de ver como estando situado en la superficie, el resultado de los cálculos es enteramente el mismo.

F. Parma está en el punto p . Si prolongamos la línea $c p$ hasta que toque en los cielos, tendremos una línea perpendicular á nuestro orizonte, y el punto z en que terminará será el zenit de Parma. Acerca de lo qual conviene advertir que cada lugar tiene su zenit así

como su horizonte. Si por el otro lado prolongamos esta misma línea el punto N diametralmente opuesto al punto z es lo que se llama *nadir*.

En la suposición de la esferoidicidad de la tierra todos los cuerpos gravitan hacia el centro c . Hallaremos pues nuestro zenit observando la dirección de un hilo, del qual esté colgado un plomo: este hilo coincidirá necesariamente con la línea $z p c$.

Es indudable que lo mismo es observar el zenit desde p que desde c . Pero puesto que el horizonte sensible y el horizonte verdadero se confunden, se ve claramente que es indiferente estar en p ó en c para observar el polo. Por consiguiente, no habrá error en suponer que el ángulo $z c E$ es igual al ángulo $z p E$. Así es, que desde la superficie de la tierra se mide con la misma exactitud que desde el centro.

Vemos como se determina la distancia en que está un lugar del Equador. Esta distancia es lo que se llama latitud.

Parma está á 44 grados y 50 minutos de latitud. Para acabar de determinar la posicion de los lugares resta determinar la situacion respectiva de estos con relacion al oriente ó al occidente. Es evidente que en este caso podemos contar los grados sobre el Equador, así como en el anterior los hemos contado sobre el meridiano; para lo qual no hay mas que determinar un punto desde el qual se comience á contar, y esto es lo que se hace eligiendo el meridiano que se considera como el primero. La distancia á que estan los lugares de este primer meridiano se llama longitud, y se cuenta en el Equador de occidente á oriente, ó en los círculos paralelos. Por último, la eleccion del primer meridiano es indiferente. Los franceses consideran como primero el que pasa por la Isla del Hierro, los holandeses el que pasa por el pico de Tenerife, y cada astrónomo el que pasa por el lugar en que hace sus observaciones.

La longitud es pues la distancia del primer meridiano á qualquiera otro; pe-

ro la distancia entre dos meridianos no es una misma en todas partes, sino que es mayor en el Equador, y va disminuyendo al paso que se camina hácia el polo; lo qual es evidente, puesto que los meridianos concurren en el polo.

Si la tierra fuese perfectamente redonda, se podria determinar la razon en que disminuyen los grados de longitud al paso que se va desde el Equador al polo. Pero ya veremos que nuestra incertidumbre acerca de su figura no nos permite determinar con precision ni los grados de longitud, ni aun los de latitud. Parma está á 28 grados, 27 minutos y 50 segundos de longitud; pero qual es la verdadera medida de estos grados? Esto es lo que no se sabe exâctamente.

CAPÍTULO III.

COMO HAN SIDO DETERMINADAS
las diferentes estaciones.

El año se divide en quatro estaciones; la mas cálida se llama *Estío*, la mas fría *Invierno*, la que separa el *Invierno* del *Estío* *Primavera*, y la que separa el *Estío* del *Invierno* *Otoño*.

Estas estaciones dependen del curso del sol, el qual, como ya he dicho, va y vuelve de un trópico á otro. Observando su ruta le vemos describir de occidente á oriente un círculo que corta al Equador, y forma con él un ángulo de $23\frac{1}{2}$ grados con corta diferencia: este círculo se llama la *Eclíptica*.

El sol no se desvia jamas de la eclíptica: tarda 365 dias, 5 horas, y 49 minutos en volver al punto del qual ha partido, y este intervalo se llama *año*. Pero á causa de despreciar las 5 horas y los 49 minutos, se añade cada

4 años un día, y se forma un año de 366 días, al qual llamamos bisiestó. Siendo esta adiccion de un día, teniendo un exceso de once minutos por año, vendrá á suceder que el año al cabo de quatro siglos tendrá tres dias de mas; y para volverse á hallar en el curso del sol es preciso haber restado los tres dias de los tres años que hayan sido bisiestos.

Los planetas se mueven tambien de occidente á oriente en órbitas que cortan la eclíptica en dos partes iguales. Sus revoluciones terminan entre dos círculos paralelos á la eclíptica, de los quales uno está 8 grados al mediodia, y el otro 8 grados al norte.

El intervalo que hay entre estos tres círculos se representa como una faja, cuya anchura es de 16 grados: se divide toda la circunferencia de esta faja en 12 partes de 30 grados cada una; y cada una de estas se distingue por un signo diferente; es decir, por cierto conjunto de estrellas. Esta faja es lo que llamamos el zodiaco.

En la parte septentrional el sol da principio á la Primavera, quando se halla en el primer grado de Aries: al Estío quando describe el trópico de Cáncer, al Otoño quando entra en Libra: y al Invierno quando corre el trópico de Capricornio.

En la parte meridional, el Estío corresponde al Invierno, la Primavera al Otoño, y recíprocamente.

Vemos que el Estío es la estación en que el sol se aproxima mas á nuestro zenit. Entónces permanece mas tiempo sobre el orizonte, y sus rayos caen con ménos obliquidad. Estas son dos causas del calor, aunque no las únicas. En Invierno este astro permanece ménos tiempo sobre el orizonte, y sus rayos son muy obliquos: difunde por consiguiente ménos calor, y aun este es en parte destruido por la mayor duracion de las noches.

Entre los dos trópicos no hay propriamente mas que dos estaciones; el Invierno y el Estío. Quando el sol se acerca

al zenit de qualquiera lugar llueve casi continuamente, lo qual disminuye el calor, y este tiempo es considerado como Invierno: quando el sol se apatta, disminuyen las lluvias, el calor se aumenta, y este tiempo es considerado como Estío.

CAPÍTULO IV.

COMO SE EXPLICA LA *desigualdad de los dias.*

La duracion del dia depende del tiempo que el sol está sobre el orizonte. El dia comienza quando el sol se muestra encima del orizonte, y acaba quando este astro descende debaxo del mismo; porque dividiendo el orizonte á la tierra en dos hemisferios iguales, es claro que no podriamos ver al sol quando este ilumina al hemisferio opuesto. Situe-
monos en el Equador, nuestro orizonte
cortará este círculo y sus paralelos en

dos mitades, una superior y otra inferior, y por consiguiente nos ocultará la mitad de la revolucion diurna del sol, el qual estará 12 horas encima de nuestro orizonte, y 12 horas debaxo, y todos los dias del año serán iguales á las noches. Esta posicion en que el orizonte corta al Equador en ángulos rectos se llama *Esfera recta*.

Si nos trasladamos á uno de los polos, nuestro orizonte se confundirá con el Equador; no veremos al sol sino mientras este corre una mitad de la eclíptica, y se nos ocultará mientras corre la otra mitad. Por consiguiente, el año estará dividido con respecto á nosotros en una noche y un dia, cada uno de ellos de 6 meses. Esta posicion se llama *esfera paralela*.

En fin, si nos suponemos situados entre el polo y el Equador, el plano de este círculo será cortado obliquamente por el plano de nuestro orizonte. En esta suposicion el Equador quedará dividido en dos partes iguales, pero los

círculos paralelos quedaran divididos desigualmente ; por exemplo , con respecto á nosotros es mayor la parte de los círculos septentrionales por encima del horizonte , y menor la de los círculos meridionales. Una sola mirada sobre una esfera es mas capaz de hacer esto perceptible que quantas figuras se pueden trazar ; esta última posicion es la *esfera obliqua*.

Ya es fácil comprehender que quando el sol está en el Equador , el dia debe ser igual á la noche , puesto que describe por encima del horizonte una parte de círculo igual á la que describe por debaxo. Esta igualdad se verifica en toda la tierra á excepcion del polo , y esta es la razon porque se da tambien al Equador el nombre de *línea equinocial*.

Por la misma razon vemos que el dia debe crecer quando el sol se acerca al trópico de Cáncer , porque este astro continua alumbrándonos tanto mas tiempo quanto mayores son los arcos de círculo que describe por encima del ori-

zonte. Por el contrario, deben disminuir los días quando el sol retrograda hacia el trópico de Capricornio, porque permanece sobre el orizonte tanto ménos tiempo quanto menores son los arcos del círculo que describe.

Llamamos *equinocios* los puntos en que el Equador corta la eclíptica, porque quando el sol llega á ellos las noches son iguales á los días; el uno es el equinocio de Primavera hacia el 21 de Marzo, el otro es el equinocio de Otoño hacia el 23 de Septiembre.

Llámanse *solsticios* los puntos de la eclíptica que llegan á confundirse con los trópicos: quando el sol está en ellos se halla á la mayor distancia del Equador; es decir, á $23\frac{1}{2}$ grados, y está algunos días sin mostrar sensiblemente que se acerca hacia este círculo; el solsticio de Estío está en el primer grado de Cáncer, quando el sol forma el día mas largo del año hacia el 21 de Junio. El solsticio de Invierno está en el primer grado de Capricornio, en que este astro

forma el dia mas corto hácia el 22 de Diciembre.

Por estos quatro puntos pasan dos círculos máximos que se cortan en ángulos rectos en los polos del mundo : el uno se llama coluro de los solsticios , y el otro coluro de los equinocios ; estos son los círculos ménos necesarios de la esfera.

Hasta aquí hemos considerado el dia por oposicion á la noche , pero llámase tambien *dia* el tiempo que pasa desde que el sol dexa el meridiano de un lugar hasta el momento en que vuelve á él.

Este dia excede al tiempo de una revolucion de la tierra sobre su exe , pues mientras que por un movimiento diurno el sol va de oriente á occidente , adelanta en la eclíptica de occidente á oriente , y vuelve por consiguiente mas tarde al meridiano , del qual habia partido.

Pero el sol no corre en cada dia un espacio igual en la eclíptica. Lo que hemos dicho anteriormente nos manifiesta que el movimiento del sol en la eclíptica no es otra cosa mas que el movimiento de

la tierra en su órbita. Pero la tierra describe en tiempos iguales arcos mayores en su perihelio que en su afelio ; luego es una consecuencia que el sol no adelanta siempre igualmente en la eclíptica , y que todos los dias no excede en una misma cantidad á cada revolucion de la tierra sobre su exe.

Así , aunque el dia se divide en 24 horas , no por esto debemos creer que su duracion sea siempre igual , sino por el contrario , que varía de un dia para otro. Pero los astrónomos toman un término medio entre los dias mas largos y los mas cortos , por medio de lo qual lo reducen á la igualdad , y esta reduccion , la qual se hace dividiendo en horas iguales el tiempo que el sol tarda en correr la eclíptica , se llama equacion del tiempo.

Puesto pues que estamos en la esfera me parece conveniente continuar y acabar de dar á mis lectores una idea exacta de ella , y esto formará el asunto del capítulo siguiente.

CAPÍTULO V.

*IDEA GENERAL DE LOS CÍRCULOS
de la esfera y de su uso.*

El exe del mundo es una línea que va desde un polo á otro, y sobre la qual suponemos que se mueven los cielos. El exe atraviesa perpendicularmente el plano del Equador que divide el Universo en dos.

El zodiaco es una faja circular, cuya anchura es de 16 grados, y divide igualmente la tierra y el cielo, y forma con el Equador un ángulo de $23\frac{1}{2}$ grados.

En medio de esta faja está la eclíptica que el sol corre de occidente á oriente en el espacio de un año.

El meridiano corta al Equador en ángulos rectos; el horizonte es obliquo ó paralelo segun la posicion de los lugares, y los dos trópicos señalan los límites que el sol no debe traspasar. Es-

tos son los círculos de que ya hemos hablado.

Una línea que atraviesa perpendicularmente el plano de la eclíptica será el eje de esta, cuyos polos nos representaremos en sus dos extremos.

Mientras que el plano de la eclíptica hace su revolucion, sus polos describen círculos que llamamos polares: el que está trazado en el norte es el círculo ártico, y el que está trazado en el mediodía es el círculo antártico. Uno y otro estan señalados en el globo á $23\frac{1}{2}$ grados de los polos.

Baxo estos círculos el día mayor es de 24 horas, y mas allá, al paso que nos vamos alejando del Equador, los dias van siendo siempre mayores.

Aquí tenemos ya la tierra dividida en muchas fajas á que damos el nombre de *zonas*. El espacio comprehendido entre los dos trópicos es la zona torrida: las zonas templadas se extienden desde los trópicos hasta los círculos polares, y las zonas glaciales desde los círculos polares hasta los polos.

Siendo el día baxo el Equador de 12 horas, y baxo los círculos polares de 24, ha sido fácil considerar el espacio en que el día mayor tiene $12\frac{1}{2}$ horas, aquel en que tiene 13, aquel en que tiene $13\frac{1}{2}$ y así succesivamente: de este modo el espacio contenido entre estos dos círculos ha sido dividido en 24 fajas, que se llaman *climas*: igualmente el espacio comprehendido entre los círculos polares y los polos ha sido dividido en otros climas, en los quales los días crecen mucho mas sensiblemente que en los anteriores, acerca de lo qual pueden verse las tablas formadas al intento.

Los meridianos son considerados como círculos de longitud, porque las diferentes longitudes se miden desde un meridiano á otro. Por la misma razon los paralelos son considerados como círculos de latitud; pero ha sido preciso inventar otros círculos para medir la longitud y latitud de los astros. La eclíptica es con relacion á estos nuevos círculos lo que es el Equador con relacion

á los que ya he explicado. Representémonos pues círculos máximos de longitud que corten la eclíptica en ángulos rectos, y que pasen por sus polos y círculos de latitud paralelos á la eclíptica, y que por consiguiente corten tambien en ángulos rectos los círculos de longitud.

El primero de estos círculos de longitud pasa en el punto de los equinoccios por Aries, y de aquí es desde donde se cuenta la longitud de los astros de occidente á oriente, así como se cuenta la latitud desde la eclíptica hasta el polo de este círculo.

Podemos considerar el movimiento aparente de los cielos con relacion á las revoluciones diurnas, y con relacion á las revoluciones anuales. En el primer caso el sol describe al parecer paralelas al Equador, pero en el segundo parece que describe una especie de espiral, porque á cada revolucion diurna vuelve este astro á un punto diferente de aquel de donde habia salido, y traza la eclíp-

tica en el curso de un año. Es pues con relacion al plano de este círculo máximo como se juzga de los movimientos anuales de los planetas, de los cometas y de la posicion de los astros.

La tierra, moviéndose de occidente á oriente, parece que conserva siempre su exe paralelo á sí mismo; sin embargo de que tiene un corto movimiento. Este exe, siempre con una inclinación de 63 grados y 31 minutos hácia el plano de la eclíptica, se mueve de oriente á occidente, y sus polos describen círculos al rededor de los polos de la eclíptica; mediante lo qual la esfera de las estrellas fixas gira al parecer de occidente á oriente al rededor de un exe que pasa por los polos de la eclíptica, y todas las estrellas describen por su movimiento aparente círculos paralelos á esta.

Por el movimiento de este exe gira también la sección comun al plano del Equador y al de la eclíptica, y los primeros puntos de Aries y de Libra, que estan siempre opuestos corren de oriente.

te á occidente toda la eclíptica en el espacio de 25920 años.

Este movimiento de los primeros puntos de Aries y de Libra es lo que se llama *precesion de los Equinocios*: y es causa de que el sol vuelva al punto de la eclíptica de donde ha salido ántes de concluir enteramente su revolucion; y por consiguiente el año es mas corto que el tiempo periódico de la revolucion de este astro.

Esto nos manifiesta que actualmente no se halla el sol al tiempo del Equinocio de la Primavera en el mismo punto en que estaba 2 , 3 ó 4000 años ha, y que no se hallará en el mismo punto en que está hoy, sino pasados 26000 años con corta diferencia; y esto es lo que se llama el año grande.

Los astrónomos griegos que han dado nombre á las constelaciones, han considerado la estrella de Aries como el primer punto del zodiaco: porque efectivamente él correspondia á esta estrella quando estaba en el Equinocio de Primavera.

Pero despues cada constelacion ha adelantado casi un signo: Aries está enteramente en el signo de Tauro, Tauro en el de Géminis &c^a.

De aquí resulta que entre los astrónomos modernos los unos cuentan los movimientos celestes desde el punto actual del Equinocio, y los otros desde la estrella de Aries; pero estos últimos añaden á sus cálculos la diferencia que hay entre el verdadero lugar de esta estrella y el lugar en que sucede el equinocio; y á esta diferencia llaman *precesion de los equinocios*, porque el equinocio sucede ántes que el sol haya concluido su revolucion anual.

Los primeros astrónomos no advirtieron sin duda este movimiento de los polos del Equador; ántes por el contrario supusieron inmóviles las estrellas polares, porque no vieron claramente que estas variesen de situacion. Quando advirtieron el movimiento de estas estrellas, trataron de apoyar los polos del mundo en puntos fixos. Advirtieron pues que ha-

ciendo cada dia las estrellas una revolución describian un círculo al rededor de un centro , y apenas hallaron este centro tuvieron los polos inmóviles del mundo. Entónces en vez de dirigir la meridiana á las estrellas polares , la dirigieron á este punto , al rededor del qual estan alternativamente estas estrellas en su mayor y en su menor elevacion. Así es como consiguieron trazar con mas exactitud los círculos de la esfera.

CAPÍTULO VI.

COMO SE MIDEN LOS GRADOS del meridiano.

No era bastante á la verdad haber trazado líneas sobre la tierra , y haberla dividido en grados , representándose arcos de círculo en los cielos : por este medio sabian los hombres las derrotas que debian tomar , pero no sabian qual era la longitud de estas. Era por consiguiente necesario medir ademas los grados , y

determinar el número de toesas que cada uno de ellos tiene : investigacion intentada en diferentes épocas. Sin embargo de esto , á mediados del siglo pasado se ignoraba todavía que juicio formar acerca de esto , quando Luis XIV mandó que se tomasen nuevas medidas. Habia á la sazón mejores instrumentos que nunca , y los métodos habian recibido una perfeccion extraordinaria ; de suerte que , habiendo executado Picard las órdenes del rey , se llegó á creer que era conocida la verdadera extension de nuestro globo. Pero las operaciones de este geómetra suponian la tierra perfectamente redonda , y esta suposicion ha sido desmentida por experiencias hechas poco tiempo despues.

Quando caminamos en la direccion de la meridiana , vemos que las estrellas se elevan por encima del horizonte. Parece pues que para medir la magnitud de un grado en la tierra basta medir lo que se anda quando , elevándose una estrella , ha descrito al parecer un arco que es á la circunferencia de un círculo como 1 es á

360. Siguiendo este método hallaron los geómetras que un grado en la superficie de la tierra contiene 20 leguas ; y creyendo con demasiada ligereza que todos los grados son iguales , creyeron que no habia que hacer mas que multiplicar 20 por 360 : y de aquí infirieron que la tierra tiene 7200 leguas de circuito. Pero en esta operacion se cometian dos errores ; el primero de los quales provenia de que se juzgaba de la elevacion de las estrellas con relacion al horizonte, y el segundo de suponer todos los grados iguales. Esto es lo que es preciso desenvolver.

Se ha observado que los rayos se quiebran quando pasan obliquamente desde un medio á otro. Mas adelante observaremos la direccion que siguen , pero por ahora basta suponer este fenómeno como un hecho del qual no podemos dudar.

Los rayos de los astros que estan en la extremidad de nuestro orizonte no llegan pues á nosotros sino despues de ha-

ber sido quebrados, lo qual es causa de que no veamos las estrellas en su verdadero lugar, de que nos parezcan mas elevadas de lo que en realidad estan, y aun de que las descubramos encima del horizonte quando aun estan debaxo.

Si esta refraccion fuese una misma en todos los tiempos, sería posible avaluarla, y no causaria error alguno; pero está sujeta á todas las variaciones de la atmósfera, y la atmósfera varía continuamente.

Los ~~astros~~ ~~estran~~ estan en su mayor altura quando estan en el zenit, y entónces sus rayos caen perpendicularmente, y no sufren refraccion alguna. Es pues evidente que mediremos con mas exâctitud la elevacion de las estrellas, si en vez de juzgar de ella con relacion á la extremidad del horizonte, juzgamos con relacion á nuestro zenit.

Se conoce el zenit quando se observa la direccion de un hilo del qual está colgado un plomo. Esta direccion se llama *línea vertical*, y cae perpendicu-

larmente del zenit sobre el horizonte ; por consiguiente , la línea vertical forma un ángulo recto con la línea horizontal.

Consideremos ahora dos lugares situados baxo un mismo meridiano , y supongamos que desde los zenits de ambos se prolongan las verticales hasta lo interior de la tierra. Esto supuesto , si la tierra es absolutamente plana , estas líneas serán paralelas en toda su longitud ; y bien sea que caminemos hácia el norte , ó bien hácia el mediodía , las estrellas se nos presentaran siempre en una misma altura. Si la tierra es perfectamente redonda , las verticales concurrirán en un mismo punto , y por consiguiente veremos á las estrellas elevarse á proporcion del espacio que corremos sobre un mismo meridiano. Si por consiguiente es preciso caminar 57000 toesas para ver á una estrella elevarse un grado , será preciso caminar 2 , 3 ó 4 veces esta misma distancia para ver á la misma estrella , y elevarse 2 , 3 ó 4 grados , porque los puntos de la superficie por don-

F. de pasan las verticales A, B, C, D
 47. estan todos á una misma distancia.

F. No sucederá lo mismo si la curvatura
 48. de la tierra es desigual, porque los puntos A y B que caen perpendicularmente sobre la superficie aplanada, se reunen mas léjos que las líneas C y D que caen perpendicularmente sobre la superficie mas convexâ. Hay pues mayor intervalo entre los puntos A y B, que entre los puntos C y D; pero es evidente que los grados ~~son~~ proporcionales á la longitud de los radios tirados desde el punto de concurso á la superficie de la tierra, y que donde los radios son mas cortos, los grados son menores, así como donde los radios son mas largos, los grados son mayores: de donde se infiere con razon que si los grados del meridiano son mayores en el polo que en el Equador, la tierra es aplastada hacia los polos.

El ángulo que forman las verticales de dos lugares situados baxo un mismo meridiano se llama *la amplitud* del arco de meridiano, la qual se extiende

desde un zenit á otro. Si el arco es de un grado, de dos ó de tres la amplitud será tambien de uno, de dos ó de tres grados; porque si el arco mide al ángulo, el ángulo determina tambien la amplitud del arco: no hay duda de que estas dos cosas son recíprocas.

Si desde el centro de la tierra observásemos el zenit de Paris y el de Amiens, que estan en un mismo meridiano, es evidente que podriamos determinar la amplitud del arco sobre un cuadrante de círculo. Pero lo mismo podemos hacer desde Paris al de Amiens, porque atendida la mucha distancia en que nos hallamos de las estrellas, el semi-diámetro de la tierra debe ser reputado por de ningún valor; y por consiguiente el ángulo formado por las líneas tiradas desde los zenits es el mismo, ya sea que estas líneas concurren en la superficie, ya sea que las prolonguemos hasta el centro.

Quando no es posible fixar los dos zenits se toma una estrella que esté en-

tre los dos ; y en este caso el ángulo que determina el arco de meridiano desde Paris á Amiens está compuesto de otros dos , de los quales el uno está formado por la vertical de Paris y la línea tirada á la estrella , y el otro por otra línea tirada tambien á la estrella y la vertical de Amiens.

Si la tierra estuviese fuera del ángulo de las dos verticales , y mas allá del zenit de Amiens , es claro que tendremos el valor del ángulo que forman las dos verticales , si del ángulo formado por la vertical de Paris y la línea tirada á la estrella , restamos el ángulo formado mas allá de las dos verticales.

Conocida la amplitud del arco no falta mas para determinar el valor del grado que medir el espacio comprehendido entre Paris y Amiens.

Sería fácil medir la distancia desde Paris á Amiens , si la igualdad del terreno nos permitiese servirnos de una medida qualquiera : pero como los altos y

baxos hacen impracticable este medio ; ha sido preciso representarse por encima de las desigualdades del terreno un plano paralelo al orizonte , y hallar el secreto de medirle ; y esto es lo que los geómetras executan de un modo muy sencillo. Para comprehender pues como ellos se conducen en este caso , es preciso considerar el principio que hemos probado anteriormente , á saber : *que los tres ángulos de un triángulo son iguales á dos rectos.*

Si los tres ángulos de un triángulo son iguales á dos rectos , basta medir dos de ellos para conocer el valor del tercero , y de aquí podemos tambien inferir que conociendo dos ángulos de uno de los lados podremos determinar los otros dos lados. Así es , que de las seis cosas que podemos considerar en un triángulo ; á saber , tres ángulos y tres lados , basta poder medir tres para conocer el valor de las otras tres.

F. Sea la línea A B base de un triángulo. Es indudable que quanto mayores

Sean los ángulos que formemos en sus extremidades, tanto mas distante de esta base estará el tercer ángulo; y que por el contrario, quanto menores sean tanto ménos apartado estará el tercero. Por consiguiente, la longitud de esta base, y la magnitud de los dos ángulos determinan el punto en que los otros dos lados deben encontrarse; de lo qual se infiere que si conocemos la longitud de esta base y la magnitud de los dos ángulos, podremos determinar la longitud de las líneas $A C$ y $C B$, y la de las líneas $A d$ y $B d$.

Supongamos que queremos medir la anchura de un río; tiraremos á lo largo de la ribera la base $A B$. Desde el punto A se fixa despues el objeto C que está al otro lado del río, de suerte que la visual caiga perpendicularmente sobre $A B$; para cuya operacion supongo que se tienen los instrumentos necesarios. Desde aquí se va á B , y fixando tambien el objeto C se completa el triángulo.

Concluida esta operacion es fácil co-

nocer la magnitud de cada ángulo, y no faltará mas que medir la longitud de la base para conocer la longitud de la línea A C, ó lo que es lo mismo la anchura del rio.

Quando haya algunos obstáculos que no permitan ver á un mismo tiempo los objetos, cuya distancia se trata de medir, se busca por una y otra parte objetos visibles, y se forma una serie de triángulos, cuyos ángulos se miden. El segundo tendrá por base uno de los lados del primero; el tercero de los lados del segundo, y así los demás.

Conociendo pues la base del primero y sus tres ángulos, se conoce la longitud de cada uno de sus lados, y por consiguiente la base del segundo. Conociendo la base del segundo y sus ángulos se conocerá del mismo modo la base del tercero. En una palabra, siguiendo este mismo método se determinan los lados de todos los triángulos.

Se trazan despues en el papel los triángulos observados, y hecho esto no

se encuentra ya obstáculo alguno para trazar una línea recta entre los dos puntos cuya distancia queremos medir.

Por consiguiente, ya no resta mas que determinar la longitud de esta línea, lo qual es tan fácil como medir el lado de un triángulo. De este modo es como se halla la medida de un grado del meridiano.

Vemos como por este método llegamos á conocer la distancia á que nos hallamos de un lugar inaccesible, y nuestra admiración al ver á los astrónomos midiendo las distancias de los astros, comienza á desaparecer; pero para conocer los medios de que se valen en este caso, es preciso explicar lo que se entiende por una palabra, de la qual deberemos usar mas adelante. Tal es *paralaxe*.

Qualquiera que sea el lugar desde el qual observemos las estrellas, estas se nos presentan siempre en un mismo punto del cielo, y siempre las vemos en una misma línea recta. Lo que hemos dicho

basta para hacernos comprehender que este fenómeno es efecto de lo mucho que las estrellas distan de nosotros. Pero aun es preciso que esta distancia sea muy considerable, porque si en diferentes estaciones observamos una estrella, continuamos viéndola en la misma línea, sin embargo de que la tierra corriendo su órbita nos situa en lugares muy diferentes; lo qual consiste en que esta órbita tan inmensa como nos parece, no es mas que un punto con relacion á la inmensidad de los cielos.

Si por el contrario observamos un astro vecino á la tierra, le referimos á diferentes puntos segun el lugar en que nos situamos, quando desde el centro C observamos la luna L, la vemos en el verdadero lugar en que está con relacion á nuestro globo. Lo mismo sucederá si nos trasladamos al punto A de la superficie, porque en este caso la vemos en la misma línea. Pero en qualquiera otro sitio, por exemplo en B, nos parecerá que la luna está en un lu-

gar diferente. Pero las dos líneas CL , BL van á juntarse en el centro de la luna, y á formar en él un ángulo: este ángulo es, el que se llama *la paralaxe de la luna*. Por consiguiente, los astros tienen su paralaxe mayor ó menor á proporcion que estan mas ó menos cerca de la tierra, y á cierta distancia de esta no tienen ninguna.

Las líneas CL , LB y BC forman un triángulo que se llama *paraláctico*. BC radio ó semidiámetro de la tierra es su base, y ~~pero~~ resta medir los ángulos B y C para conocer la distancia de la luna en semidiámetros de la tierra; de este modo es como se mide la distancia de todos los astros que tienen paralaxe.

Estas operaciones son sencillas y buenas; sin embargo no estan enteramente exentas de algunos errores. El observador puede engañarse, los instrumentos no pueden tener toda la precision posible, y muy pronto veremos que estamos precisados á raciocinar sobre suposiciones que no estan enteramente de-

mostradas. Muchas cosas mas podria decir acerca del discernimiento con que es preciso emprender esta especie de cálculos ; pero estas primeras ideas bastan para el objeto que actualmente me propongo , y para disponer á mis lectores á adquirir algun dia mayores conocimientos.

CAPÍTULO VII.

POR QUE SERIE DE OBSERVACIONES y de racionios han llegado los hombres á convencerse del movimiento de la tierra.

Los cuerpos se nos muestran moviéndose siempre que cesan de permanecer en la misma situacion , ya sea entre sí , ya sea con relacion al lugar desde el qual los miramos. Á los ojos del que navega parece inmóvil todo lo que se mueve con él aunque realmente está en movimiento ; y todo lo que está fuera del buque en que navega parece moviéndose , aunque realmente está en reposo. La tierra es semejante á este buque ; si no senti-

mos su movimiento es á causa de ser impelida por una fuerza igual y uniforme; y si no percibimos el de los objetos que lleva consigo es porque estos conservan entre ellos y nosotros las mismas relaciones de situacion. No hay duda alguna en que á la tierra, vista por nosotros desde otro planeta, atribuiríamos todo el movimiento, y en que el planeta desde el qual la observásemos nos parecería inmóvil. Si nos suponemos succesivamente en Mercurio, Venus, Marte &c.^a cada uno de estos planetas nos parecerá como un centro, al rededor del qual hacen sus revoluciones todos los cielos: estas apariencias no prueban pues cosa alguna.

La luna presenta succesivamente diferentes fases. Pero quando está luna llena es preciso que nosotros estemos directamente entre ella y el sol, ó que el sol esté directamente entre ella y nosotros; estas son las únicas posiciones en que todo su disco puede mostrárenos.

Pero siendo la paralaxe del sol tan pequeña, que todas las tentativas para de-

terminarla han sido inútiles, está demostrado que este astro dista mucho mas de nosotros que la luna. Por otra parte, basta observar la sombra que la luna y la tierra se envían sucesivamente quando se eclipsan, para convencerse de que el sol está mas allá de la órbita que describe el uno de estos planetas al rededor del otro. Luego quando la luna está en su plenilunio nos hallamos entre ella y el sol.

La segunda consecuencia de este principio es que la luna no llega á ser nueva, sino porque hallándose entre el sol y la tierra vuelve hácia nosotros el hemisferio que no está alumbrado.

En fin, inferiremos que presenta una parte mayor ó menor de su disco, quando nos parece que corre los arcos comprendidos entre el punto en que está llena, y el punto en que es nueva. Las diferentes fases de la luna estan representadas en la figura 52.

Ahora bien; por la misma razon que estas relaciones de posicion demuestran que la luna debe manifestarse á la tierra baxo

diferentes fases, demuestran igualmente que la tierra debe manifestarse á la luna baxo otras tantas fases diferentes, y los fenómenos seran unos mismos, ya sea que supongamos el movimiento de revolucion en la tierra, ya sea que le supongamos en la luna. Pero los principios establecidos anteriormente prueban que la luna es la que gira propriamente al rededor de la tierra, porque el centro comun de gravedad está quarenta veces mas cerca de la tierra que de la luna.

Si reflexionamos sobre este último raciocinio, hallaremos que las proposiciones demostradas son idénticas con las observaciones; porque decir que ó gira la luna ó gira la tierra es decir que ellas mudan su situacion respectiva, y decir que ellas mudan su situacion es decir que se presentan baxo diferentes fases.

Considerando los efectos que deben resultar de las relaciones de posicion, se hallará que la luna produciria los mismos fenómenos si girase al rededor del sol en una órbita que no contuviese la

tierra. Este es el caso en que se halla Venus, el qual presenta succesivamente las mismas fases que la luna; pues quando es nueva le vemos algunas veces pasar como una mancha sobre el disco del sol: está lleno quando el sol se halla entre él y nosotros; y en las demas posiciones no nos dexa ver mas que una parte de su disco. Vease la figura 53.

Si la órbita de un planeta incluyese á un mismo tiempo la tierra y el sol, ya no serian unos mismos los fenómenos. Es evidente, que si consideramos un planeta en las diferentes posiciones que tendria en este caso con relacion á nosotros, no hallaremos mas que una en que fuese algo alterada su redondez y es quando el planeta estuviese á 90 grados del sol, vease la figura 54. En qualquiera otra posicion su disco siempre perfectamente redondo nos pareceria solo mayor ó menor segun que el planeta se acercase ó se alejase de nosotros: tal es el planeta Marte. La evidencia de hecho y la evidencia de razon concurren

pues á demostrar que este planeta gira al rededor del sol en una órbita que incluye á la de la tierra.

Estas mismas observaciones y estos mismos raciocinios son aplicables á Júpiter y á Saturno. Pero al paso que las desigualdades del diámetro aparente son muy notables en Marte, lo son mucho menos en Júpiter, y aun menos en Saturno: prueba evidente de que Júpiter hace su revolucion mas allá de la órbita de Marte, y que Saturno hace la suya mas allá de la órbita de Júpiter.

Mercurio está demasiado cerca del sol para que podamos observarle como á los demas planetas: pero lo que prueba que hace su revolucion es la necesidad de suponer esto para hallar en su curso la misma regularidad que en el de los demas planetas; y si con respecto á esto carecemos de la evidencia de hecho y de la evidencia de razon, no por eso debemos creer que la revolucion de Mercurio al rededor del sol sea una suposicion gratuita. Esta suposicion está suficiente-

mente indicada, y no porque no sea evidente dexa de ser indudable. Sabemos por otra parte que esta suposicion esta demostrada por las leyes de la gravitacion.

Entre los planetas, unos describen órbitas al rededor de la tierra y al del sol, á los quales llamamos *superiores*, porque efectivamente estan mas elevados ellos que nosotros con relacion á este astro, que verdaderamente está en la parte inferior, puesto que es el centro hácia el qual todo gravita; y otros describen órbitas mas allá de las quales nos hallamos nosotros, y los llamamos *inferiores*, porque estando mas cerca del sol, estan en efecto mas baxos que nosotros.

Todos los planetas, como ya hemos advertido, hacen sus revovoluciones en tiempos desiguales y aceleran ó retardan su curso segun que estan en su afelio ó en su perihelio.

Si nos situasemos en el centro de estas revoluciones, veriamos que cada uno de estos cuerpos adelantaban con cierta regularidad en su órbita, y no adverti-

riamos mas variacion que la lentitud ó rapidez del movimiento. Pero supongamonos en Venus, del qual sabemos que se mueve al rededor del sol, y veamos quales serian en este caso los fenómenos.

F. Supongamos al sol en S, que A B C E sea la órbita de Mercurio, planeta inferior con relacion á Venus, y que M O N sea una parte de la esfera de las estrellas fixas.

Estos dos planetas, lo mismo que los demas, se mueven de occidente á oriente: pero teniendo Mercurio un movimiento mas rápido pasa y repasa por unos mismos puntos, ántes que Venus haya concluido su revolucion.

Quando camina desde C por D á A debe parecer á los habitantes de Venus que va desde M por O á N; es decir, debe parecerles que Mercurio se mueve segun el órden de los signos de occidente á oriente, y su movimiento es directo.

Quando va desde A hasta F se dirige hácia Venus en la direccion de una rec-

ta; por consiguiente á los habitantes de este último planeta debe parecer que Mercurio se para en un mismo punto del cielo; pero como Venus se mueve tambien les parecerá que Mercurio se mueve con el sol de occidente á oriente: su movimiento por consiguiente será tambien directo.

Desde f hasta g Mercurio va con un movimiento mas rápido que Venus. Parecerá pues que se mueve desde N á O contra el órden de los signos, de oriente á occidente; es decir, que retrograda.

En fin, si estando Mercurio en F al tiempo que Venus está en u , corre la curva Ff en el mismo tiempo que Venus corre la curva Vu , la línea que pasa por el centro de los planetas se habrá movido con un movimiento paralelo: en este caso Mercurio no habrá mudado al parecer de lugar con relacion á Venus, y por consiguiente será reputado estacionario. Tambien se verificará esto mismo, si Mercurio va desde g hasta G , mientras Venus camina desde V hasta u . Los mismos fenómenos se verifican en-

tre Venus y un planeta superior v. g. Marte.

Lam. Supongamos á Marte en M, y á Venus en A; no hay duda en que Marte parecerá estacionario, mientras que las líneas rectas que suponemos tiradas desde uno á otro planeta sean paralelas.

Quando Venus va de A á C por B. Marte se moverá al parecer segun el orden de los signos, ya sea por el movimiento que le es peculiar, ya sea por el de Venus que se mueve en la parte del círculo, que está mas allá del sol. Por consiguiente Marte estará directo.

En fin, quando Venus pasa de C á A por D dexa á Marte detras, porque se mueve con mas rapidez: por consiguiente parecerá que Marte adelanta contra el orden de los signos, y que retrograda.

Tales son los fenómenos que observariamos desde Venus: pero estos mismos fenómenos observamos desde nuestro globo: luego nuestro globo hace como los demas planetas una revolucion al rededor del sol; y todo nos confirma en que no somos el centro de nuestro sistema.

CAPÍTULO VIII.

DE LAS INVESTIGACIONES

*hechás acerca de la figura de
la tierra.*

Un cuerpo no puede moverse al rededor de un centro, sin hácer continuos esfuerzos para apartarse de él: estos esfuerzos son tanto mayores quanto mayores son los círculos que el cuerpo describe en un tiempo dado, quanto mayor es la fuerza centrífuga que háy en él. Pero en un mismo tiempo ó en 24 horas todas las partes de la tierra describen círculos: luego en toda la superficie de la tierra hay fuerza centrífuga, y esta fuerza es desigual porque los círculos descritos son desiguales. El círculo mayor es el descrito baxo el Equador: los demas disminuyen insensiblemente, de suerte que los que son descritos en los polos, pueden ser considerados como dos puntos. Por consiguiente, la fuerza centrífuga

es mayor baxo el Equador que en las demas partes, disminuye ademas como los circulos, y acaba enteramente en los polos.

Pero esta fuerza centrífuga es contraria á la pesantez: luego la pesantez es menor baxo el Equador que baxo los polos, y por consiguiente el equilibrio de las aguas exige que la superficie del mar se aleje por una parte del centro de la tierra, mientras que se acerca por otra. Las columnas pues son mas largas baxo el Equador que baxo los polos, de lo qual se debe inferir el aplanamiento de la tierra.

No habia cosa mas natural que este raciocinio; sin embargo, quando por órden de Luis XIV Picart midió el meridiano, ninguno habia llegado á poner en duda la esfericidad de la tierra. Tal era el estado de las cosas en 1670.

Habiéndose llegado á sospechar en virtud de algunas experiencias que la pesantez es menor baxo el Equador que en los polos, esta sospecha fué confir-

mada por las observaciones del péndulo á 5 grados de latitud. Estando Richer en Cayena halló que su relox de péndola se atrasaba en 2 minutos y 28 segundos cada dia. Ahora pues, si la mano señala menos segundos durante una revolucion de las estrellas, es porque la péndola hace ménos oscilaciones, y si la péndola hace ménos oscilaciones, es porque teniendo ménos pesantez cae con mas lentitud en la vertical. Es verdad que el calor podria producir el mismo efecto, alargando la varilla de la péndola, porque es indudable que siendo todas las demas cosas iguales, una péndola mas larga oscila con mas lentitud. Pero las observaciones prueban que el calor de Cayena no puede alargar la varilla de la péndola hasta el punto de causar en el movimiento de la mano un atraso de 2 minutos y 28 segundos por dia.

Quedó por consiguiente demostrado que la pesantez es menor baxo el Equador: de aquí se infirió que la tierra es aplastada hácia los polos; y esta con-

séquencia pareció evidente á los mayores calculadores , tales como Huyghens y Newton. Pero no porque los cálculos sean seguros dexan de conducirnos muchas veces al error. En la aplicación de la geometria á la fisica , es muy freqüente calcular , ántes de haberse cerciorado de las suposiciones en que se funda el calculador. Las questões son tan complicadas , que no es posible responder de hacer entrar en la teoría todas las consideraciones necesarias. Huyghens y Newton van á darnos un exemplo de esto.

Las teorías de estos dos matemáticos estan conformes en dar á la tierra la figura de un esferoide elíptico aplastado hácia los polos.

Huyghens suponía que todos los cuerpos se dirigen precisamente á un mismo centro , y que todos se dirigen á él con igual grado de fuerza , qualquiera que sea la distancia á que se hallen : de aquí inferia que la fuerza centrífuga sola puede alterar la pesantez ; y hallaba que el eje de la tierra es al diámetro del Equador casi como 577 es á 578.

Newton raciocinaba sobre otra hipótesis: suponía que la pesantez es efecto de la atracción, por la qual todas las partes de la tierra se atraen mutuamente en razon inversa del quadrado de las distancias; y en este caso ya no bastaba determinar con Huyghens el aplanamiento de la tierra por la fuerza centrífuga, sino que era preciso determinar además en quanto la tierra aplanada ya por esta fuerza debia serlo tambien por la ley de la atracción, y hallaba que el eje de la tierra es al diámetro del Equador como 229 es á 230.

La hipótesis de Huyghens es enteramente contraria á la observacion del péndulo y á la medida de los grados, cuyas dos cosas hacen el aplanamiento de la tierra mucho mayor que lo que la teoría de aquel matemático supone. Pero el éxito del sistema de Newton bastaba para hacerle enteramente exclusivo.

No hay duda alguna en que la ley de la atracción era una consideracion que la teoría no debia olvidar, y Newton

tenia en esto una ventaja. Sin embargo, la solucion que ha dado es insuficiente é imperfecta baxo ciertos respectos. *Newton*, dice Mr. d' Alembert, *suponia ante todas cosas que la tierra es elíptica, y determinaba con arreglo á esta suposicion el aplanamiento que ella debia tener..... Esto era propiamente suponer lo mismo que se trataba averiguar; y he aquí lo que es el cálculo quando se le aplica la solucion de los problemas complicados de la naturaleza.*

Stirling y *Mairaut* han creido demostrar que la suposicion de *Newton* está fundada en razon, y que la tierra es un esferoide elíptico; pero raciocina tambien sobre hipótesis que necesitan ser demostradas, y Mr. d' Alembert asegura, que haciendo otras suposiciones, demuestra en sus investigaciones acerca del sistema del mundo que todas las partes del esferoide podrian estar en equilibrio, aunque la tierra no tuviese una figura elíptica: hace mas, y es que en la suposicion de que los meridianos no fue-

sen semejantes , ó la densidad variase no solamente entre una y otra capa orizontal , sino tambien en todos los puntos de una misma capa demuestra que el equilibrio podria aun conservarse por las leyes de la atraccion ; y por consiguiente que podria tener cabida en la suposicion de que la tierra tuviese una figura regular. No es por consiguiente posible aun á la teoría probar la regularidad de la figura de la tierra. Las leyes de la hidrostática en que ella se funda, no la probarian sino en suposicion de que la tierra , habiendo sido primitivamente fluida , hubiese conservado la forma de un esferoide aplanado , adquirido en virtud de la gravitacion mútua de sus partes combinadas con la rotacion al rededor del exe. Pero pregunta Mr. d' Alembert ¿ está por ventura demostrado que la tierra haya sido originariamente un fluido ? Y quando habiéndolo sido hubiera tomado la figura que esta hipótesis exigia ¿ está demostrado que la ha conservado despues ?

Las partes de un esferoide fluido deberian estar dispuestas con cierta regularidad , y su superficie deberia ser homogénea : pero nosotros ni advertimos homogeneidad sobre la superficie de la tierra , ni regularidad en la distribucion de sus partes ; por el contrario , todo parece arrojado al acaso en la parte que conocemos de lo interior y de la superficie de nuestro globo ¿y como sería posible creer que la figura primitiva de este no haya sufrido grandes alteraciones , si consideramos los trastornos , de los quales se conservan señales tan evidentes ?

Vemos pues que la teoría se funda en suposiciones que es imposible demostrar , y que consideramos como ciertas únicamente porque no podemos convencernos de que sean falsas.

Algunos han querido confirmar esta teoría por las observaciones y por la medida de los grados en diferentes lugares ; pero ya porque algunas veces han raciocinado mal , ya porque las medidas no han sido conformes entre sí , no han he-

cho en realidad mas que aumentar las dificultades.

La tierra, dicen, tiene una figura regular, y sus meridianos son semejantes si el Equador es exáctamente un círculo; la redondez de la sombra de la tierra en los eclipses de la luna prueba la redondez del Equador; luego la tierra tiene una figura regular, y sus meridianos son semejantes.

Lo mas singular es que los que raciocinan de este modo creen firmemente que los meridianos no son círculos. Pero ¿como quieren que la sombra de la tierra sea una prueba de que el Equador es un círculo, y no lo sea de que son círculo los meridianos?

Si, partiéndolo de unas mismas latitudes, añaden, corremos distancias iguales, observaremos las mismas alturas del polo; luego los meridianos son semejantes, y la tierra tiene una figura regular.

Los que discurren de este modo suponen tácitamente que las medidas terrestres y las observaciones astronómicas

son susceptibles de la mayor precision; ó estan dotados de un entendimiento tan poco conseqüente para decir: estas medidas y estas observaciones estan necesariamente sugetas á error; luego debemos juzgar por ellas de la curvatura de los meridianos. Confieso sin embargo que tendrian algun fundamento si, habiendo medido en una misma latitud un gran número de meridianos, los resultados que hubiesen hallado hubieran sido con poca diferencia unos mismos: esta conformidad probaria indudablemente la exâctitud de los observadores. Pero de seis grados que han sido medidos, no hay mas que dos que esten en una misma latitud, el de Francia y el de Italia, y se ha hallado que estos se diferencian en mas de 70 toesas.

Dicen ademas: las reglas de la navegacion dirigen con tanta mas seguridad un buque quanto son mejor observadas; pero estas reglas suponen á la tierra una figura regular; luego &c.^a

Á esto respondo: que estas reglas

tienen aun ménos precision que las medidas y las observaciones de que acabamos de hablar , y por consiguiente estan aun mas sujetas á error. ¿ Se ignora por ventura la imperfeccion de los métodos , por medio de los quales se mide lo que anda un buque , y se averigua el lugar en que se halla ? ¿ Y las *estimaciones* náuticas no estan sujetas á muchos errores ? Los métodos de navegacion son tan imperfectos que , quando fuese perfectamente conocida la figura de la tierra , el piloto no sacaria de esto ventaja alguna.

La teoría de la figura de la tierra estriba en tres suposiciones , que aun no han sido rigurosamente demostradas ; las quales son que el plano del meridiano que pasa por la línea del zenit pasa por el exe de la tierra , que la línea vertical pasa por el mismo exe , y que es perpendicular al horizonte. Se ha pasado mucho tiempo sin dudar de estas suposiciones , que en realidad no son tan infundadas como las que anteriormente he manifestado. Son muchos los fenómenos

que las indican, porque la rotacion uniforme de la tierra sobre su eje, la precesion de los equinocios, y el equilibrio de las aguas que cubren la mayor parte de la superficie, se conforman al parecer enteramente con estas suposiciones. Hemos visto que la relacion entre la duracion de los dias y la de las noches varía de un clima á otro, ó segun las diferentes latitudes. Estas diferencias han sido calculadas suponiendo la tierra regular, y el cálculo está conforme con las observaciones.

Se ha medido en Italia un grado del meridiano á la misma latitud que el que ha sido medido en Francia, y los resultados que se han hallado no han sido iguales. He aquí el mas poderoso argumento contra la regularidad de la figura de la tierra. Sin embargo, esta diferencia es tan corta que podemos atribirla á las observaciones. Para aclarar esta cuestión sería preciso, como dice Mr. d' Alembert, medir en la misma latitud, y á una distancia considerable mu-

chos meridianos , y hacer en cada lugar la observacion del péndulo. Pero aun suponiendo que los meridianos son semejantes , faltaria saber si son elípses. Si no se ha dudado en afirmarlo es porque esta figura es enteramente conforme con las leyes de la hidrostática , pero Mr. d' Alembert cree haber demostrado que qualquiera otra figura se conforma igualmente con estas leyes , principalmente si no se supone que la tierra es homogenea; pasemos ya á las mediciones ~~que~~ se han hecho.

Para dar una idea de los principios y de las consecuencias de esta operacion, es preciso tener presente que si vemos á las estrellas subir ó baxar á proporcion de lo que caminamos sobre el meridiano, es únicamente porque caminamos sobre una superficie curva ; que por consiguiente la tierra es esférica , si despues de haber corrido espacios iguales , vemos las estrellas subir ó baxar un espacio igual; y que por el contrario no lo es , si para hallar la misma cantidad en la ele-

vacion , es preciso caminar sobre el meridiano espacios desiguales. Es evidente que la tierra será mas curva en la parte en que sea preciso andar ménos para ver á las estrellas subir un grado , y que será mas aplanada en la parte en que sea preciso andar mas para ver á las estrellas subir igualmente un grado. Por consiguiente , las medidas determinan el aplanamiento de la tierra si determinan la razon en que crecen los grados terrestres.

Para facilitar estas operaciones se raciocina del modo siguiente. La tierra tiene seguramente una figura regular , luego si es esférica todos sus grados seran iguales ; y si no lo es sus grados crecieran ó menguarian en una razon determinada : por consiguiente , determinando en latitudes conocidas el valor de dos grados , se hallará el valor de los demas , y se conocerá la relacion del eje de la tierra al diámetro del Equador.

Se ve que en este caso no se trataba de saber si la figura de la tierra era

regular, lo qual era reputado como indudable, aunque no estaba suficientemente demostrado. Se trataba solo de saber si la tierra era aplanada hácia los polos, y quanto era su aplanamiento.

Las primeras medidas fueron las de los señores Cassini, *las quales*, dice Maupertuis, *fueron repetidas en diferentes tiempos, en diferentes lugares, con diferentes instrumentos, y por diferentes métodos*; el gobierno abonó los gastos y dispuso la proteccion imaginable, ~~y el~~ resultado de seis operaciones hechas en 1701, 1713, 1718, 1733, 1736 fue siempre que la tierra era prolongada hácia los polos.

Se creyó con razon que estas medidas no destruian evidentemente la teoría. Los errores inevitables aun en las observaciones hechas con mayor cuidado, no permiten determinar con precision grados tan poco distantes como los que habian medido los señores Cassini. Pensóse pues en medir grados mas apartados, y con este objeto fueron enviados algunos académicos al Perú y á la Laponia.

Quando volvieron estos no se trataba más que de saber la razon en que estaban las medidas hechas en el Norte, en el Perú y en Francia; lo qual fue tanto mas difícil, quanto que el grado de Francia, aunque el mas medido de todos, es aquel acerca de cuyo valor estan ménos conformes los matemáticos.

En 1752 hallándose el abáte de la Caille en el cabo de Buena-esperanza, midió un grado á 33 grados y 18 minutos del Ecuador. Si añadimos á esto el grado medido en Italia, tendremos grados medidos en cinco lugares diferentes: en Francia, en el Norte, en el cabo de Buena-esperanza y en Italia.

Despues de todas estas tentativas la determinacion de la figura de la tierra ha llegado á ser mas difícil, porque las medidas hechas en diferentes lugares no estan conformes en dar á la tierra una misma figura. Las experiencias del péndulo son por otra parte contrarias á la teoría de Newton, porque manifiestan que la tierra es mas aplanada que lo que este filósofo supone.

¿Á que se reduce pues esta teoría tan sublime, estos cálculos tan bien demostrados? ¿Qué es lo que resulta de los esfuerzos de los mejores matemáticos? Raciocinios ciertos fundados en suposiciones inciertas. Las medidas los confirman, pero tambien traen consigo errores inevitables; y parece que quanto mas medimos mas nos alejamos de la conformidad. Comparando los medios de probar el movimiento de la tierra con los medios de determinar su ~~figura~~, hallaremos por una parte una evidencia completa, una evidencia que no supone cosa alguna, y por otra una evidencia que dexa en pos de sí una obscuridad en que se supone todo lo que se quiere, porque la luz no la penetra jamas. Preocupado el público á favor del ingenio de los inventores, cree ligeramente que todo está demostrado, porque no sabe por que razon no debe estarlo. Aplaudido el filósofo por ciegos se vuelve ciego tambien: muy pronto se generaliza la preocupacion, hasta que por

fin llega á ser trabajoso el hallar observadores en quienes se pueda tener una entera confianza.

CAPÍTULO IX.

PRINCIPALES FENÓMENOS. *explicados por el movimiento de la tierra.*

Sin embargo de que ya he explicado muchos fenómenos, me parece conveniente reunir algunos de ellos á la vista de mis lectores, á fin de que estos puedan mejor comprehender el conjunto de todo el sistema.

El espacio inmenso de los cielos está por sí mismo sin luz y sin color alguno, y nos pareceria negro si la tierra sola estuviese alumbrada: pero los rayos de luz de los cuerpos celestes, cayendo por el aire que nos rodea se quiebran, reflexan, y esparciéndose en todas direcciones alumbran la atmósfera. Sin estas diferentes refracciones que dispersan los ra-

yós, y son causa de que vengan por todas partes á nuestros ojos, no veríamos los astros sino como cuerpos luminosos colocados en un espacio negro. Estos rayos esparcidos de este modo dan por consiguiente color al espacio, y á los cielos el azulado con que se nos presenta.

Estando habituados á referir los colores á los objetos, nuestra vista, crea por decirlo así, una bóveda sobre la qual difunde el azul; porque, nuestra vista viendo siempre en la ~~dirección~~ de una línea recta, tira desde el lugar en que nos hallamos como centro líneas en todas direcciones, y coloca en la extremidad de cada una de ellas un punto coloreado.

Si terminamos naturalmente estas líneas, es porque no podemos ver los objetos sino á una distancia determinada, y si las imaginamos algo mas largas quando miramos horizontalmente, es porque el espacio que descubrimos sobre nuestro hemisferio, y los objetos situados á diferentes distancias nos precisan á ello. Pero

por el contrario , creemos que estas líneas son algo mas cortas quando miramos al zenit , porque en este intervalo no hay objetos que nos obliguen á dar mayor longitud á tales líneas ; he aquí porque nos representamos el cielo como una bóveda rebajada , á la qual pegamos todos los astros , así los que estan mas lejos , como los que estan mas cerca de nosotros ; de donde se infiere que esta bóveda es un ser imaginario.

Como la tierra gira sobre su eje en 24 horas , parece que esta bóveda gira cada dia al rededor de la tierra , y lleva consigo todos los astros , mediante lo qual las estrellas fixas describen círculos paralelos , pero desiguales ; de suerte , que las unas se mueven en círculos tan pequeños que parecen inmóviles , mientras que las otras se mueven en círculos mayores con una velocidad que crece en la razon que estos.

Si la tierra no tuviese mas que este movimiento , refeririamos siempre el sol á un mismo punto del cielo ; pero como se

mueve en su órbita *a b c d* debemos ver que el sol corresponde succesivamente á diferentes signos. Quando desde su afelio *a* camina hasta *b*, debe parecernos que el sol camina desde *A* hasta *B*, de suerte que la tierra está siempre en el signo opuesto á aquel en que suponemos al sol.

Si el plano de la eclíptica fuese el mismo que el del Equador, nos pareceria que el sol describia diariamente un mismo círculo; no habria en toda la tierra mas que una estacion, y en los polos no habria noche.

Pero porque la órbita que la tierra describe forma un ángulo de $23\frac{1}{2}$ grados con el Equador, nos parece en consecuencia de esto que describe diariamente círculos paralelos, y que va alternativamente de un trópico á otro.

Por este movimiento de la tierra la declinacion del sol varía sus rayos, estos caen unas veces con mas, otras con ménos obliquidad en cada hemisferio, y el calor varía segun la situacion de los climas con respecto al sol. De aquí resulta tambien

el fenómeno de los dias mas ó ménos largos para todos los lugares que no estan baxo el Equador.

Combinados el movimiento de la tierra y el de los planetas producen tambien otras apariencias, porque moviéndose al rededor del sol parece que se mueven al rededor de la tierra.

Si el plano de la órbita de los planetas se confundiese con el plano de la órbita de la tierra, seguirian estos siempre el curso del sol, y jamas se apartarian de la eclíptica; pero esto no es así, ántes por el contrario sus órbitas forman ángulos mayores ó menores con el de la tierra, y describen al parecer círculos que cortan la eclíptica. Esta es la razon porque referimos al plano de este círculo los movimientos anuales de los planetas, así como referimos sus movimientos diurnos al plano del Equador. De aquí han nacido los círculos de la esfera.

Llamamos *nodos* los puntos en que las órbitas de los planetas cortan la eclíptica. Quando un planeta se halla en sus

nodos , está en la línea que pasa por el centro del sol y de la tierra ; pero tengamos presente que los planetas ó son inferiores ó superiores.

Quando los planetas inferiores estan en sus nodos ; ó estan mas acá ó mas allá del sol : estando mas acá nos parecen á modo de una mancha que pasa por encima de este astro : estando mas allá no podemos advertirlos , porque el sol está directamente entre ellos y nosotros.

Si estan fuera de sus nodos ; es decir , á algunos grados de latitud presentan su disco entero quando se mueven mas allá del sol , y quando se mueven mas acá desaparecen enteramente , porque el hemisferio que tienen vuelto hácia la tierra no está alumbrado por el sol. En fin , en las otras dos partes de su órbita nos muestran una parte mayor ó menor del hemisferio que reflexa la luz, y crecen y menguan alternativamente.

Los planetas superiores no desaparecen enteramente , sino quando estando ellos en sus nodos , el sol está directamente

entre ellos y nosotros. En qualquiera otra posicion nos presentan su disco entero, y solo Marte nos le presenta algo alterado quando se halla á 90 grados ; es decir , quando esta entre los puntos de conjuncion y de oposicion. La distancia nos impide observar este mismo fenómeno en Júpiter y en Saturno.

Los planetas superiores estan en conjuncion ó en oposicion : estan en conjuncion quando estan del mismo lado que el sol , y en oposicion quando estan del lado opuesto, lo que es lo mismo , quando estan á 180 grados. Los planetas inferiores estan en conjuncion de dos modos , pero nunca en oposicion.

No estando los planetas inferiores jamas en oposicion , acompañan siempre al sol , y nos parece que se acercan á este , ó que se apartan de él. Si desde la F. tierra A tiramos á la órbita de Venus 58. las tangentes A B y A C , es evidente que este planeta no estará jamas á una distancia del sol mayor que B V ó V C. Esta es la razon porque los planetas in-

feriores acompañan siempre al sol. La distancia á que se nos manifiestan de este astro es lo que llamamos *elongacion*.

Los satélites tienen tambien sus fenómenos , pero no hablaré sino de la luna , porque mi ánimo no es presentar un tratado de astronomía.

Moviéndose la luna y la tierra al rededor de un centro comun que describe una órbita al rededor del sol , se hallan la una con relacion á la otra sucesivamente en conjuncion y en oposicion.

Pero este fenómeno no acontece á cada revolucion que los planetas hacen al rededor de su centro de gravedad. En el momento que la luna concluye su revolucion , no puede volver á hallarse en conjuncion , porque mientras hace su revolucion su órbita es llevada por la tierra que adelanta tambien en la suya. Por consiguiente , es preciso que quando la luna concluye su revolucion de principio á otra , y que haga una parte de esta nueva revolucion ántes de volver á estar en conjuncion ; y por con-

siguiente necesita de más tiempo para volver á hallarse en conjuncion que para correr su órbita : y esto es lo que ha obligado á dividir el mes lunar en dos , el uno periódico , que es el tiempo que la luna gasta en hacer su revolucion en su órbita , y el qual es de 27 dias y 7 horas , y el otro sinódico , que es el tiempo que pasa desde una conjuncion á otra , y es de $28\frac{1}{2}$ dias.

La luna es invisible quando está en conjuncion , y la llamamos *nueva* : se nos presenta entera quando está en oposicion , y la llamamos *llena* ; en las demas partes de su órbita crece ó mengua , y es el tiempo de sus quadraturas ó quartos.

Quando la luna está en sus nodos hay eclipse de sol , siempre que ella está en conjuncion , y eclipse de luna siempre que está en oposicion ; porque en uno y otro caso los rayos del sol quedan interceptados. Si la luna tiene poca latitud es claro que no estará muy léjos de sus nodos , y en este caso el eclipse será mas ó ménos grande.

Por consiguiente , no hay eclipse sino quando la luna se halla en el círculo que el sol describe al parecer en un año , ó quando no está muy distante de él. Esta es la causa de haberse dado á este círculo el nombre de *eclíptica*.

F. Sea R R el plano de la eclíptica , en 59. el qual se halla siempre el centro de la sombra de la tierra . O O el camino de la luna , N el nodo.

Quando la sombra de la tierra está en A cae del lado de la luna , á la qual supongo en F , y no hay eclipse.

Quando la luna se halla en G , está en parte obscurecida por la sombra de la tierra que cae en E , y este es el caso de un eclipse parcial. Quando la luna se halla en H entra en la sombra, en L está saliendo de ella , en I está enteramente dentro , y en este caso el eclipse es total ; en fin , en N el eclipse es central , porque el centro de la luna se halla en el centro de la sombra. La sombra de la tierra , lo mismo que la de la luna , es cónica , porque el diámetro

del sol es mayor que el de estos planetas. Así se advierte que el diámetro de la sombra de la tierra sobre la luna es cerca de una quarta parte menor que el diámetro de la tierra.

Así como la tierra intercepta los rayos que caerian en la luna, la luna intercepta tambien los rayos que caerian en la tierra; y esto es lo que produce los eclipses de sol, que propriamente no son mas que eclipses de tierra.

Estos eclipses no solo son succesivamente parciales, totales, y centrales, sino tambien anulares; y esto es lo que sucede quando la luna está en su apogeo: en este caso la luna, cuya sombra no llega hasta la tierra, no oculta mas que el centro del sol, y los rayos que llegan hasta nosotros forman succesivamente un anillo luminoso.

F. Distinguimos en los eclipses la sombra y la penumbra. Sean las líneas $A p$ y $B p$ tangentes á la luna, tiradas desde las dos extremidades del diámetro $A B$ del sol. Sea ademas $M N$ una par-

te de la órbita de la tierra. Es evidente que estando la tierra en M debemos ver todo el disco del sol ; que debemos perderle de vista al paso que la tierra va de M á p ; y que en p debe desaparecer enteramente para volver á presentárenos al paso que la tierra camina de p á N . p es el lugar de la sombra , los intervalos $p M$ $p N$ son el lugar de la penumbra.

De aquí inferiremos que el eclipse de sol varía segun el lugar desde el qual le observamos , y que no es el mismo para los que estan en la sombra y para los que estan en la penumbra. Para los unos es parcial , mientras que para los otros es total ó central. Pero el eclipse de luna es uno mismo para todos los lugares á los quales es visible. Habiendo llegado á conocer mediante la observacion las órbitas de los planetas y los tiempos de las revoluciones , es fácil comprender el medio de pronosticar los eclipses , para lo qual no es necesario mas que calcular.

Los eclipses son útiles á los geógrafos para determinar la longitud de los lugares.

Como la tierra gira sobre su exe , todas las partes de su superficie pasan sucesivamente por debaxo del meridiano , y es mediodía en todos los puntos de la línea ó del semicírculo , que yendo directamente desde un polo á otro corresponde al meridiano , ó se halla en el mismo plano.

Imaginemos líneas como estas tiradas en toda la superficie del globo : es claro que estas líneas iran pasando sucesivamente por debaxo del meridiano. Quando sea mediodía en un punto de una línea, lo será igualmente en todos los puntos de la misma , pero nunca lo será en dos líneas á un mismo tiempo. Si es mediodía para nosotros , para los que deben pasar por el plano del meridiano una hora despues seran las once , y si es mediodía para ellos será la una para nosotros , y así de los demas sucesivamente.

Cada una de estas meridianas vuel-

ve á estar al cabo de 24 horas en el plano del meridiano. Corriendo pues 360 grados en 24 horas corren en una hora la 24 ava parte de 360 , es decir , 15 grados. Por consiguiente , quando es mediodía en Parma son las once á 15 grados hácia el occidente , y la una á 15 grados hácia el oriente. Así como debo inferir que todos los lugares , que tienen el mediodía al mismo tiempo que nosotros , estan en una misma meridiana , así tambien debo inferir que estan á 15 grados de longitud occidental aquellos para quienes son entónces las once ; y á 15 grados de longitud oriental aquellos para quienes sea la una. Por consiguiente , para saber la diferente longitud de dos lugares bastará hallar la diferencia de las horas que se cuentan en ellos en un mismo instante.

Esta diferencia se conoce por los eclipses de la luna. En efecto , si suponiémos que dos observadores situados en lugares diferentes determinan el momento del eclipse , conoceremos la diferencia

de las longitudes, reduciendo á grados la diferencia entre los dos instantes en razon de 15 por hora. Tambien se determinan las longitudes observando los eclipses de los satélites de Júpiter: el método es el mismo, y el resultado es mas exácto. Pero de esto trataremos mas adelante.

Tal vez parecerá increíble que un mismo dia pueda ser tenido justamente por Sábado, Domingo y Lunes, y sin embargo esto es una cosa que se explica muy fácilmente.

Supongamos que un hombre viaja al rededor de la tierra por el oriente. Quando haya llegado á los 15 grados será para él la una, quando para nosotros sea el mediodía; á los 30 grados las dos, á los 45 las tres, á los 60 las quatro; así contando de 15 en 15 grados una hora de mas, contará 24 horas ó un dia de mas quando vuelva á Parma, pues habrá corrido 24 veces 15 grados ó 360.

Por la misma razon, el que viaje por occidente contará una hora de menos de 15 en 15 grados; es decir,

que en el momento en que sea mediodía para nosotros , será para él primero las once , despues las diez , despues las nueve &c.^a Quando vuelva á Parma contará un dia de ménos , y por consiguiente , si juzga que este dia es Sábado , nosotros juzgaremos que es Domingo , y el que ha viajado por el oriente juzgará que es Lunes.

CAPÍTULO X.

IDEA GENERAL DEL SISTEMA del mundo.

Los cielos estan sembrados de cuerpos luminosos que , semejantes á nuestro sol , son otros tantos centros al rededor de los quales giran probablemente planetas en diferentes órbitas ; y el universo es un espacio inmenso en donde no hay parte alguna desierta. Nuestra imaginacion se ve tan embarazada al darle límites como al no darselos. Las estrellas distan tanto de nosotros , que vistas con el

mejor telescopio nos parecen mas pequeñas que si las viesemos con la simple vista. Y es la luz viva que nos envian mas bien que su magnitud la que nos las hace perceptibles.

Entre las estrellas hay algunas que aparecen y desaparecen regularmente, pero con diferentes grados de claridad. Algunas veces se han mostrado repentinamente nuevas estrellas que, despues de haber perdido succesivamente su luz, han desaparecido poco tiempo despues para no aparecer mas.

Para conocer mejor las estrellas la referimos á ciertos conjuntos, á que damos el nombre de *asterismos* ó *constelaciones*. Hay doce constelaciones en el zodiaco, las quales dividen la eclíptica en doce partes iguales.

El zodiaco divide al cielo en dos partes, una septentrional y otra meridional, y en ambas se distinguen tambien muchas constelaciones.

Ademas se advierte á la simple vista la via lactea, que observada con el telescopio parece formada de un número prodigioso de estrellas.

En fin, por medio del telescopio se descubren tambien otras manchas, que estan demasiado distantes para que podamos distinguir las estrellas que las producen. He aquí á poco mas ó ménos los conocimientos que tenemos acerca de los cuerpos que estan fuera de nuestro sistema planetario.

Nuestro sistema planetario está formado de diez y siete cuerpos. El sol quieto en medio, ó á lo ménos no teniendo sino un movimiento muy pequeño, es el único luminoso. Los demas son opácos, y brillan con una luz prestada. Los llamamos *planetas*.

Distinguimos seis planetas de primer orden: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno; y diez de segundo orden ó secundarios, que son los cinco satélites de Saturno, los quatro de Júpiter y nuestra luna.

Los planetas de primer orden, que tambien llamamos simplemente planetas, describen órbitas elípticas al rededor del sol; y los planetas de segundo orden, satélites ó luna giran al rededor de su pla-

neta principal, y le acompañan en su curso.

F. El sol no está en el centro C de
61. las órbitas, sino en el foco c : así que, el planeta á cada revolucion se acerca al sol, y se aparta de él sucesivamente. En a está en su afelio, y en A en su perihelio. La distancia entre el centro del sol c , y el centro de la órbita C , se llama excentricidad del planeta. Los dos puntos A y a considerados juntos se llaman los *ábsides*; y el eje mayor que está prolongado del uno al otro se llama la línea de los ábsides. En las extremidades del eje menor Bb estan las distancias medias.

La órbita de cada planeta se halla en el plano que pasa por el centro del sol: tal es con respecto á la tierra el plano de la eclíptica.

Pero no todos los planetas se mueven hácia un mismo plano, sino que cada uno de ellos tiene el suyo, y todos estos planos cortan de diferente modo el plano de la eclíptica al qual lo referi-

mos. Además todos los planetas se mueven hacia un mismo lado ; es decir , de occidente á oriente ; y todos , lo mismo que el sol , giran sobre su eje. Mercurio y Saturno son los únicos cuyo movimiento de rotacion no ha sido posible observar : este movimiento se advierte en los demas por medio de las manchas que aparecen y vuelven á aparecer con cierta regularidad.

La observacion , y principalmente el cálculo determinan con bastante exactitud las relaciones de distancia y magnitud entre los planetas y el sol. Sin embargo , no es esto decir que sea posible comparar estas dimensiones con medidas conocidas ; pero suponiendo que la distancia media de la tierra es como 10, la de Mercurio sera como 4 , la de Venus como 7 , la de Marte como 15 , la de Jupiter como 52 , y la de Saturno como 95. Vease la lamina 7.^a figura 62.

Sabe tambien que el diámetro de Mercurio es la 300^a parte del del sol ; que el diámetro de Venus es la 100 , lo

Lo que mejor se conoce es el tiempo de sus revoluciones. Mercurio concluye la suya en 3 meses, Venus en 8, y gira sobre su exe 23 horas.

Marte hace su revolucion al rededor del sol en 2 años, y al rededor de su exe en 25 horas.

Júpiter describe su órbita en 12 años, y gira rápidamente sobre su exe en 10 horas.

En fin, el tiempo periódico de Saturno es de 30 años. Hasta ahora no se ha podido observar quanto tarda en dar una vuelta sobre su exe. Se dexa conocer que no trato de determinar estas cosas con toda la exâctitud posible, y que desprecio los minutos y los segundos.

Tambien se conoce lo que distan los satélites de su planeta principal; pero esto es una cosa para cuya inteligencia basta ver las figuras en que he representado tambien las revoluciones de los satélites. He aquí seguramente la astronomía que supongo necesaria á mis lectores; á lo ménos para ponerlos en es-

tado de aprender mas algun dia. Mas adelante, quando estudiemos la historia de los descubrimientos de los siglos diez y seis y diez y siete, tendremos ocasion de adquirir nuevos descubrimientos en esta materia.

CAPÍTULO ÚLTIMO.

CONCLUSION.

He procurado manifestar el modo de juzgar de los diferentes grados de certeza de que son capaces nuestros conocimientos. Hemos visto el modo de hacer descubrimientos; el modo de confirmarlos, y hasta que punto nos cercioramos de ellos. He presentado muchos exemplos y pocas reglas, porque el arte de raciocinar no se aprende si no raciocinamos.

Por los mismos medios porque hemos adquirido conocimientos debemos continuar adquiriéndolos. Fácil es conocer que no hay otros medios, porque nó juzgamos de

lo que vemos , ó de lo que nos dicen los demas , ó tenemos evidencia , ó en fin juzgamos por analogía.

Pero sobre todo debemos desconfiar de nosotros mismos , si queremos tomar las precauciones necesarias para adquirir verdaderos conocimientos. Acordémonos que siendo las verdades mas bien demostradas muchas veces contrarias á lo que queremos ver , nos engañamos ; porque nos es mas fácil juzgar con arreglo á una preocupacion , que juzgar de la preocupacion misma. No demos pues crédito á las apariencias ; aprendamos á dudar de aquellas cosas que siempre nos han parecido indudables : examinémoslas.

Quando á una preocupacion queramos substituir una opinion nueva , no aceleremos nuestro juicio , porque esta opinion puede ser un error. Acordémonos de que no llegamos repentinamente á los descubrimientos , sino que vamos á ellos de congetura en congetura , de suposicion en suposicion , en una palabra , á tientas. Por consiguiente , si las congeturas deben con-

ducirnos, ninguna de ellas es el término en que debemos pararnos, es preciso adelantar siempre hasta llegar á la evidencia ó á la analogía.

Ademas, siendo cierto que los métodos no son sino los auxilios de que se vale nuestro entendimiento, es fácil conocer que debemos estudiar nuestro entendimiento para poder juzgar de la sencillez y de la utilidad de los métodos. Se trata pues de observar como pensamos, y de formarnos un arte de pensar, así como nos hemos formado un arte de escribir y un arte de raciocinar.

ÍNDICE DE ESTE TOMO.

Discurso preliminar.....pag. 3

LIBRO PRIMERO.

EN EL QUE SE TRATA EN
general de los diferentes medios de
cerciorarse de la verdad.

Capítulo I. De la evidencia de razon. 3

Capítulo II. Consideraciones acerca
del método expuesto en el capítulo
anterior..... 39

Capítulo III. Aplicacion del método
precedente á nuevos exemplos. 43

Capítulo IV. De la evidencia de
sentimiento..... 53

Capítulo V. De una preocupacion
que no permite cerciorarse de la
evidencia de sentimiento..... 61

Capítulo VI. Exemplos propios para
manifestar como podemos cer-
ciorarnos de la evidencia de sen-
timiento..... 69

Capítulo VII. De la evidencia de hecho.....	78
Capítulo VIII. Del objeto de la evidencia de hecho , y de como debemos conducirnos para hacer que concorra con la evidencia de razon.	82

LIBRO SEGUNDO.

EN EL QUE SE MANIFIESTA
con exemplos como concurren la evidencia de hecho y la evidencia de razon al descubrimiento de la verdad.

Capítulo I. Del movimiento y de la fuerza que le produce.....	87
Capítulo II. Observaciones acerca del movimiento.....	94
Capítulo III. De las cosas que hay que considerar en un cuerpo que está en movimiento.....	101
Capítulo IV. De la pesantez.....	105
Capítulo V. De la aceleracion del movimiento en la caída de los cuerpos.....	110

Capítulo VI. De la romana.....	
Capítulo VII. De la palanca.....	126
Capítulo VIII. De la rueda.....	131
Capítulo IX. De la polea.....	133
Capítulo X. Del plano inclinado....	135
Capítulo XI. Del péndulo.....	143

LIBRO TERCERO.

COMO LA EVIDENCIA DE HECHO y la evidencia de razon demuestran el sistema de Newton.

Capítulo I. Del movimiento de proyeccion.....	155
Capítulo II. De la variacion acaecida al movimiento quando á la primera fuerza se agrega una segunda.....	165
Capítulo III. Como obran las fuerzas centrales.....	172
Capítulo IV. De las elipses que describen los planetas.....	180
Capítulo V. De las areas proporcionales á los tiempos.....	189

<i>Capítulo VI.</i> Del centro de gravedad comun á muchos cuerpos v. g. tales como los planetas y el sol.	201
<i>Capítulo VII.</i> De la gravitacion mutua de los planetas entre sí, y de los planetas con el sol.....	212
<i>Capítulo VIII.</i> Como se determina la órbita de un planeta.....	215
<i>Capítulo IX.</i> De la relacion de las distancias á los tiempos periódicos.	217
<i>Capítulo X.</i> De la pesantez de los cuerpos sobre los diferentes planetas.....	221
<i>Capítulo XI.</i> Conclusion de los capítulos anteriores.....	225

LIBRO CUARTO.

DE LOS MEDIOS POR LOS quales tratamos de suplir por la evidencia.

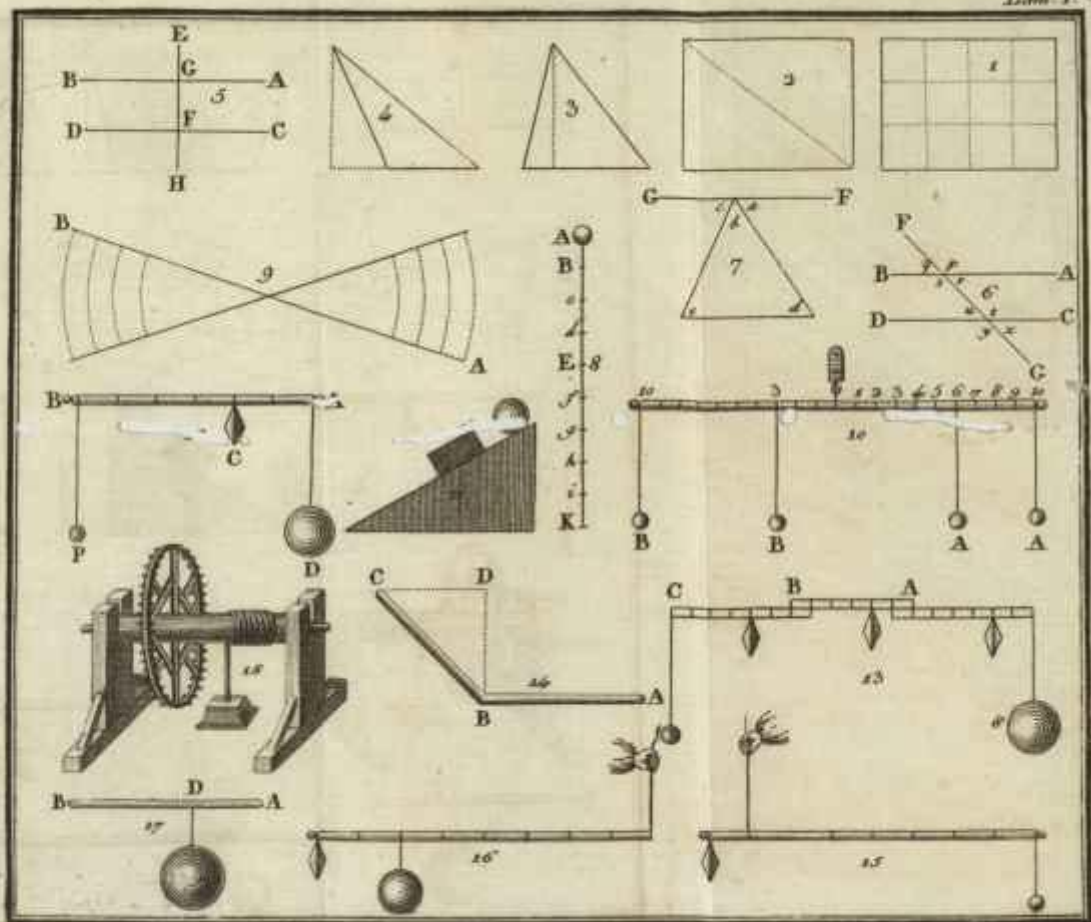
<i>Capítulo I.</i> Reflexiones acerca de la atraccion.....	229
<i>Capítulo II.</i> De la fuerza de las	

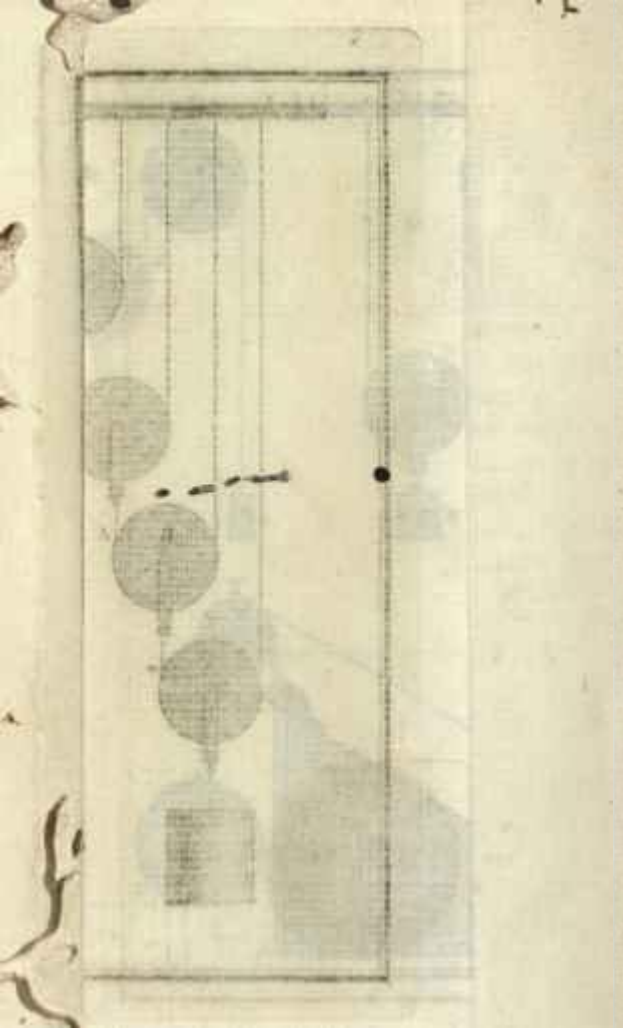
congeturas.....	241
<i>Capítulo III. De la analogía.....</i>	<i>251</i>

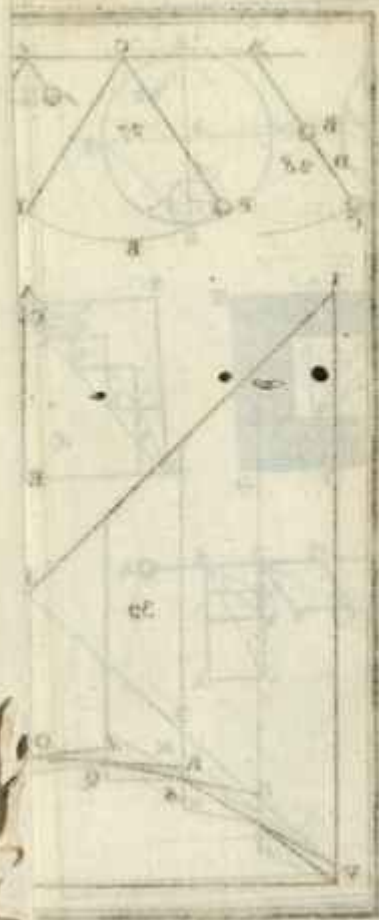
LIBRO QUINTO.

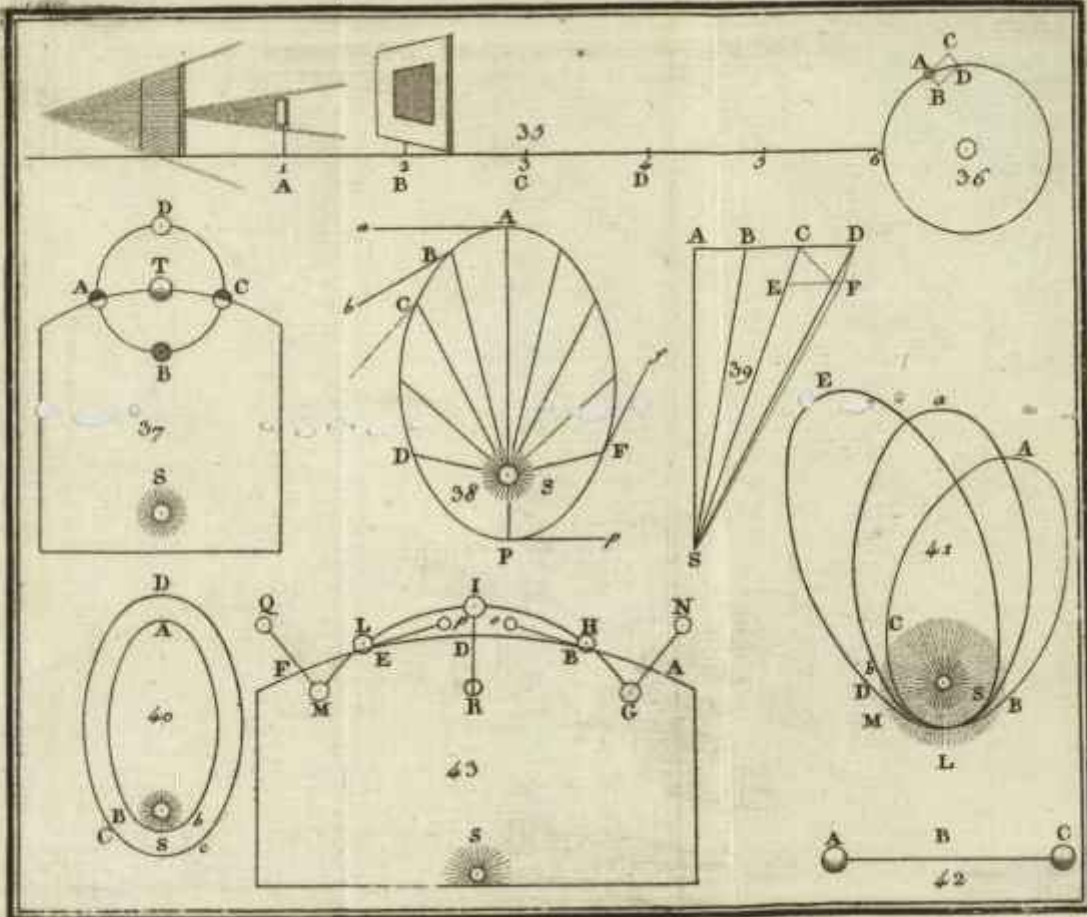
Del concurso de las congeturas y de la analogía con la evidencia de hecho y la evidencia de razon ; ó por que serie de congeturas , de observaciones , de analogías y de racionios han llegado los hombres á descubrir el movimiento de la tierra , su figura , su órbita &c. ^a .	267
<i>Capítulo I. Primeras tentativas acerca de la figura de la tierra.....</i>	<i>269</i>
<i>Capítulo II. Como han llegado los hombres á medir los cielos y la tierra.....</i>	<i>283</i>
<i>Capítulo III. Como han sido determinadas las diferentes estaciones..</i>	<i>292</i>
<i>Capítulo IV. Como se explica la desigualdad de los dias.....</i>	<i>295</i>
<i>Capítulo V. Idea general de los círculos de la esfera y de su uso..</i>	<i>301</i>
<i>Capítulo VI. Como se miden los gra-</i>	

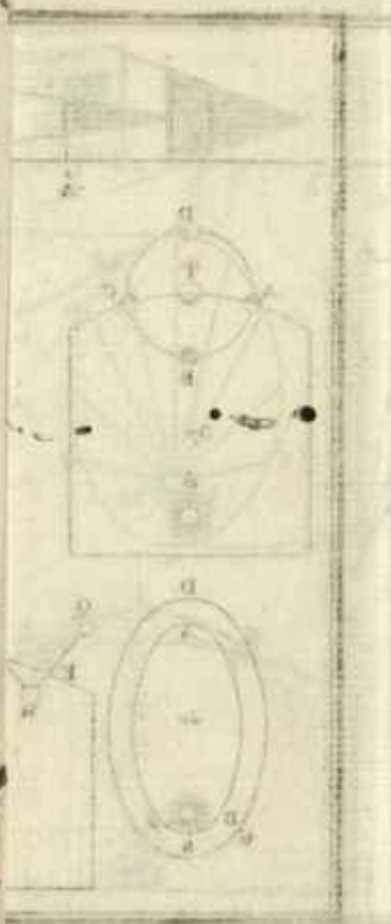
dos del meridiano.....	308
<i>Capítulo VII.</i> Por que serie de ob- servaciones y de racionios han llegado los hombres á convencer- se del movimiento de la tierra...	322
<i>Capítulo VIII.</i> De las investigacio- nes hechas acerca de la figura de la tierra.....	332
<i>Capítulo IX.</i> Principales fenómenos, explicados por el movimiento de la tierra.....	349
<i>Capítulo X.</i> Idea general del siste- ma del mundo.....	364
<i>Capítulo último.</i> Conclusion.....	370

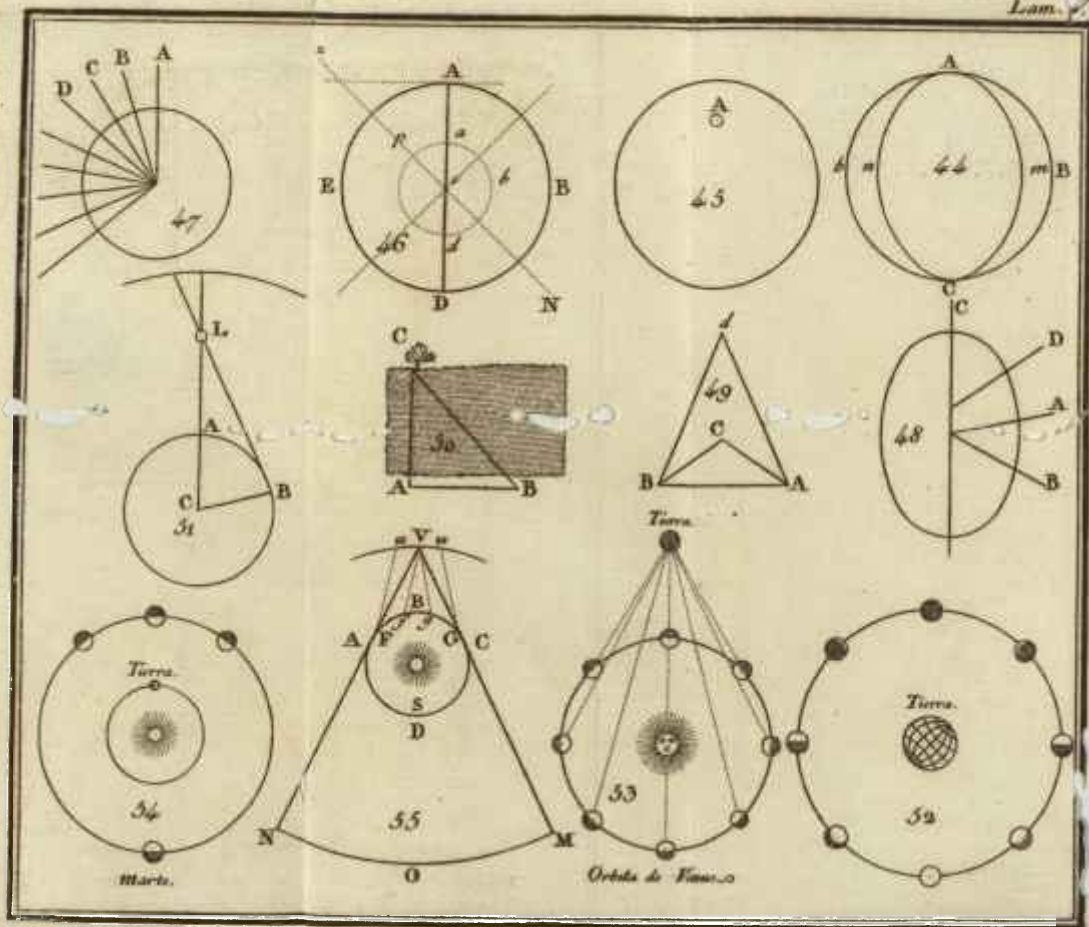


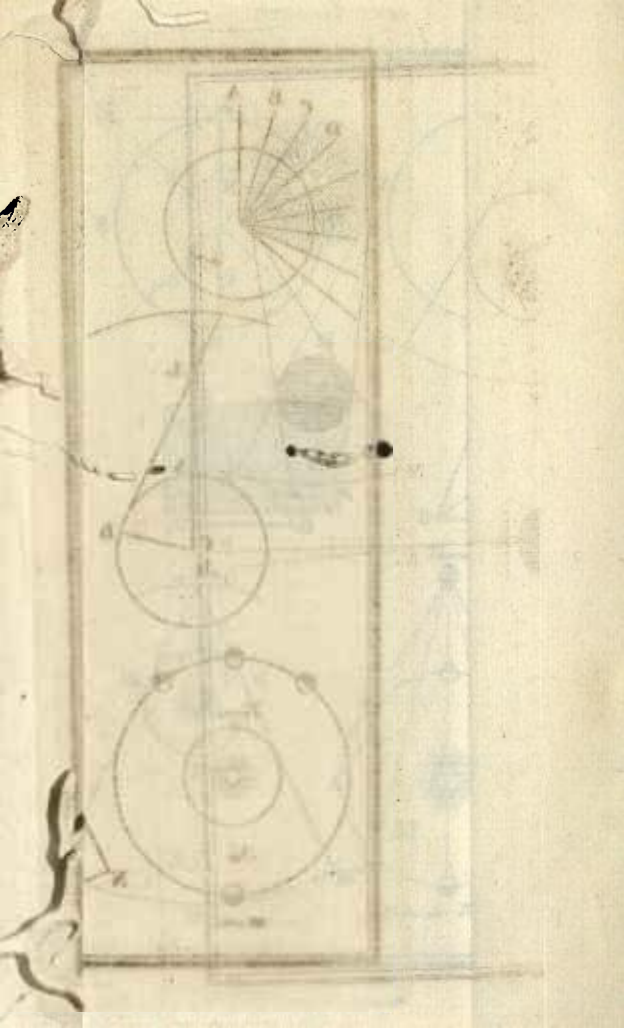


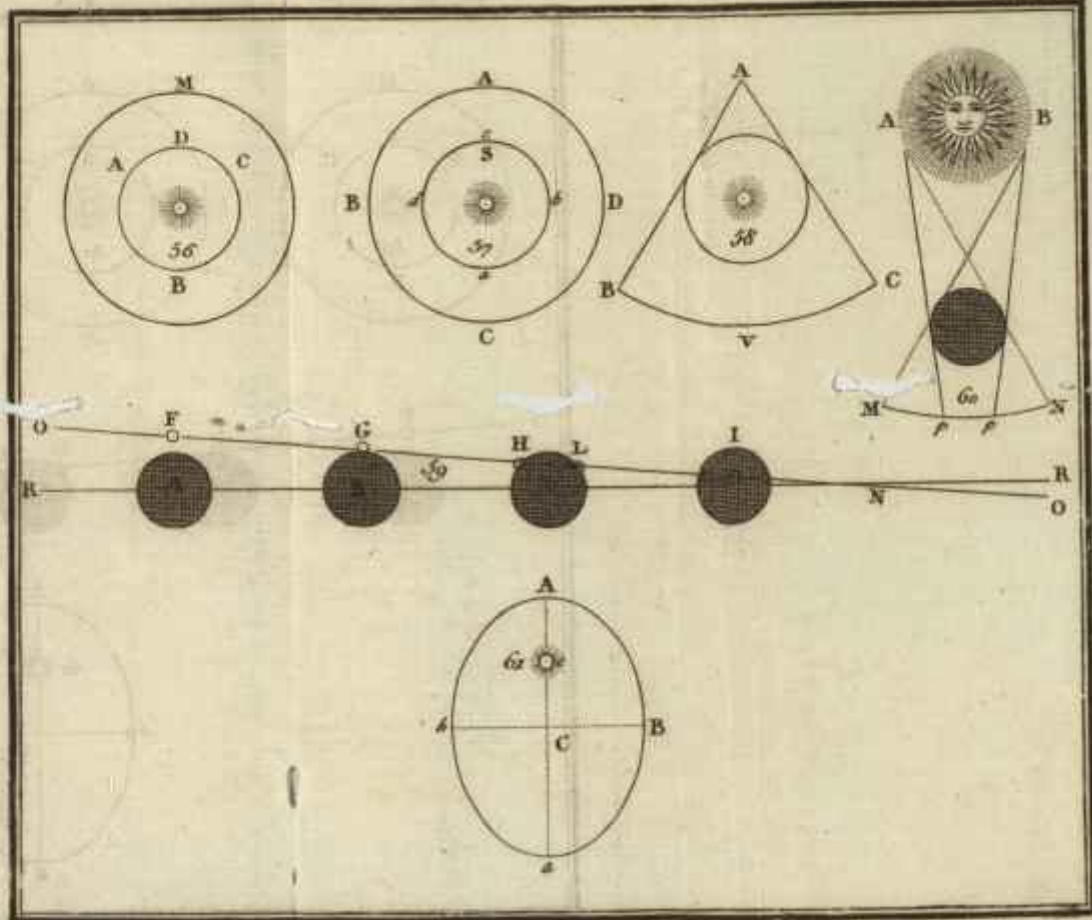




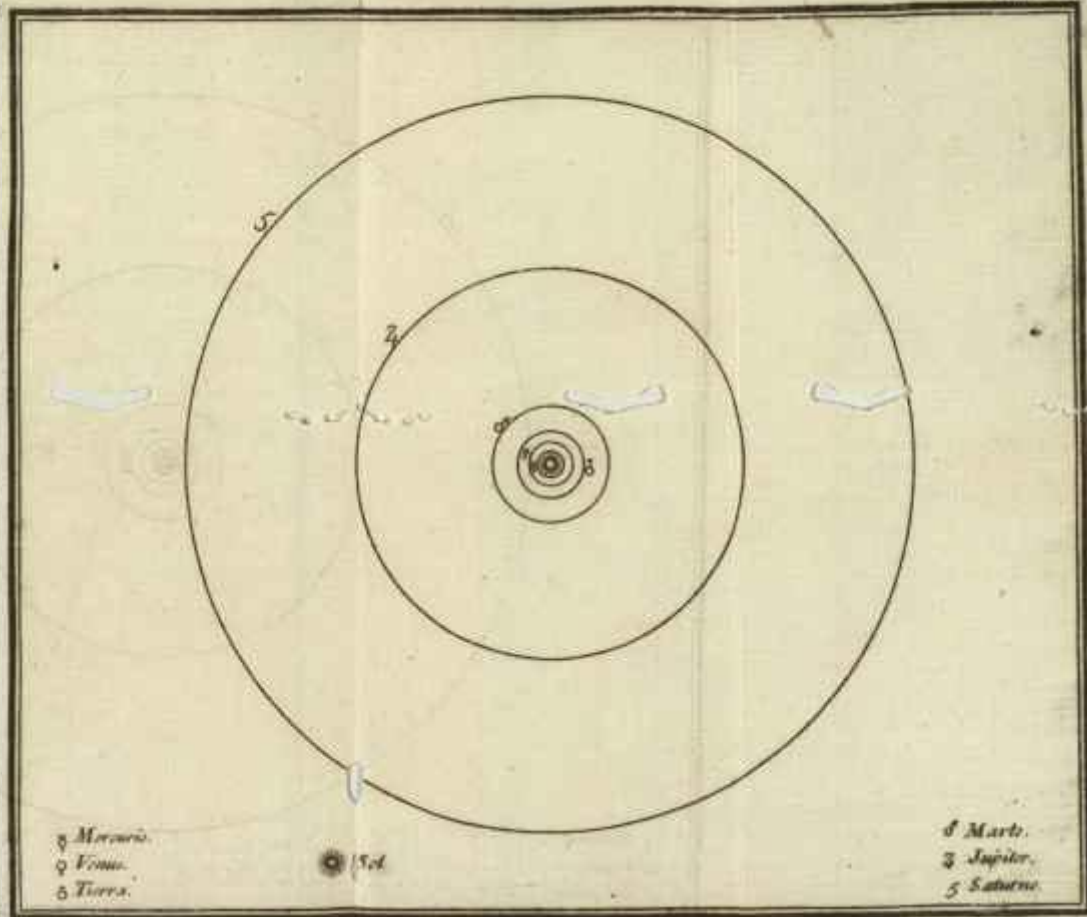


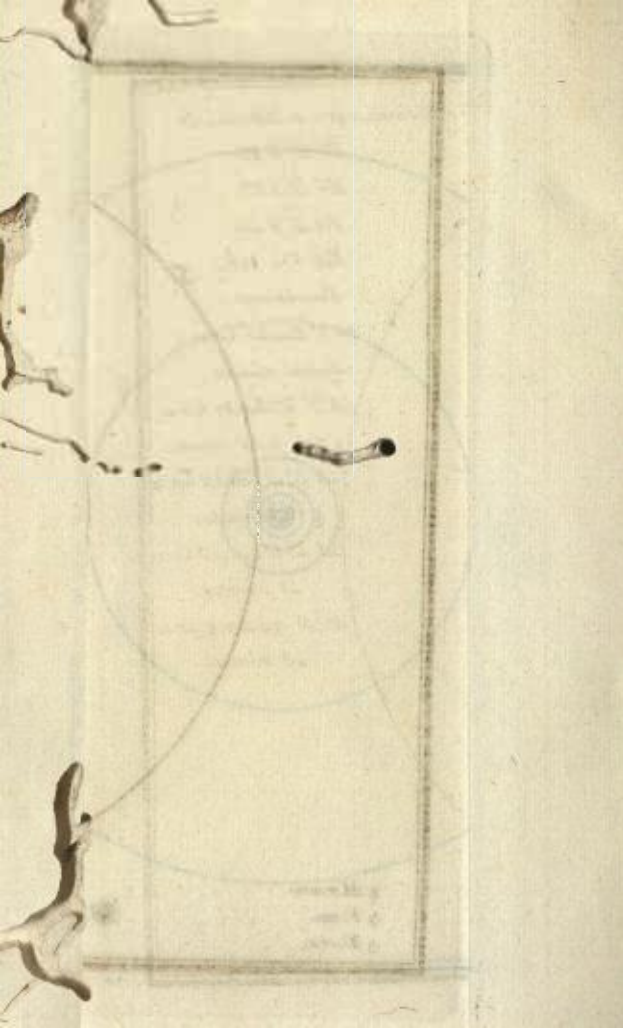












El 1.^o Satélite está á 8. Semidiametros de Saturno. ∞

El 2.^o á 11.

El 3.^o á 15.

El 4.^o á 36.

El 5.^o á 108.

Revoluciones.

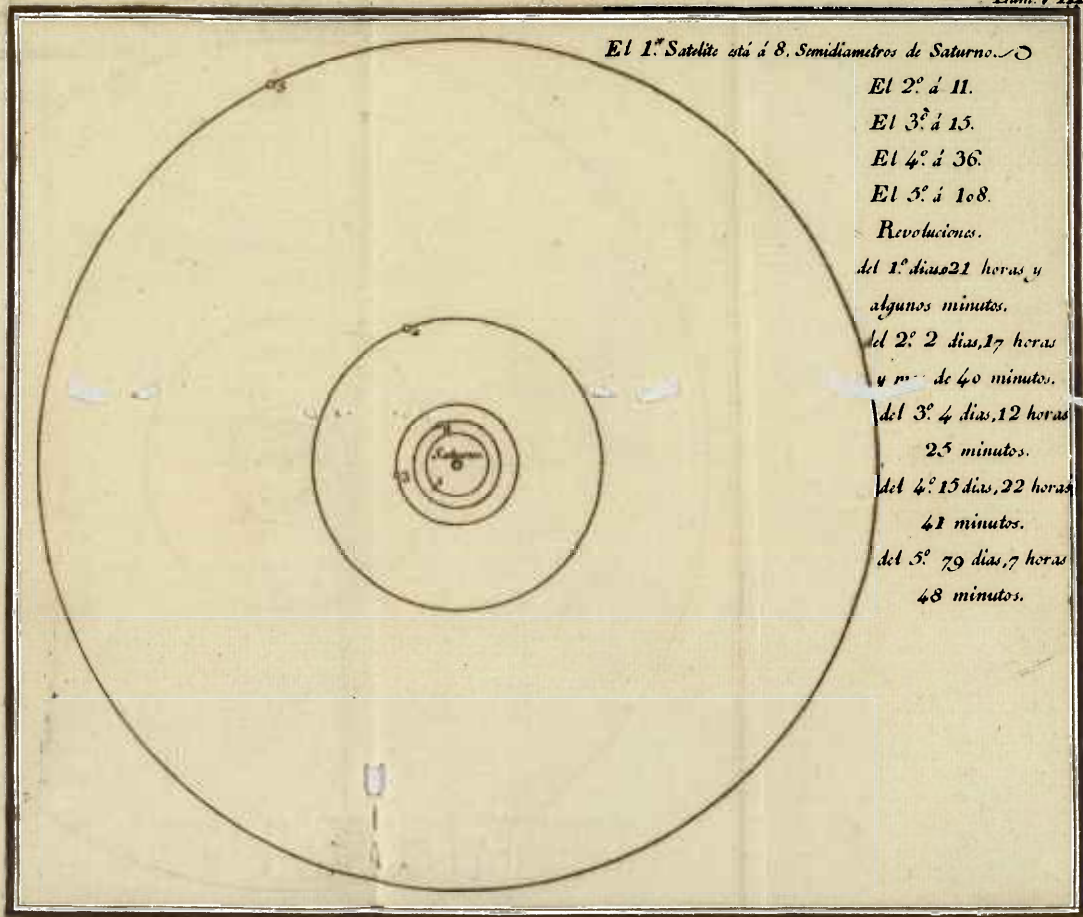
del 1.^o dias 21 horas y
algunos minutos.

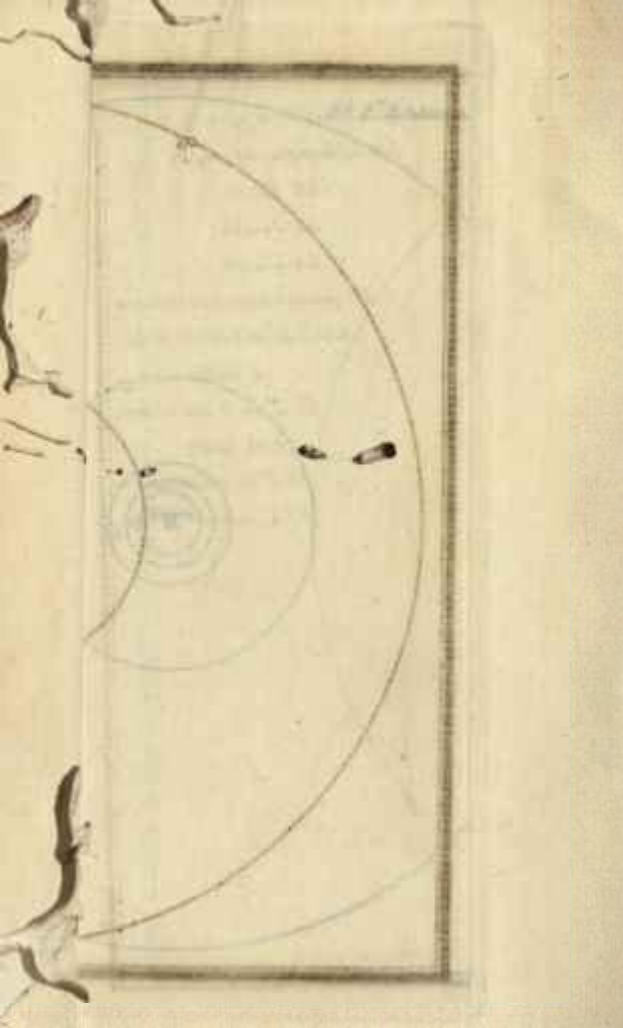
del 2.^o 2 dias, 17 horas
y m. de 40 minutos.

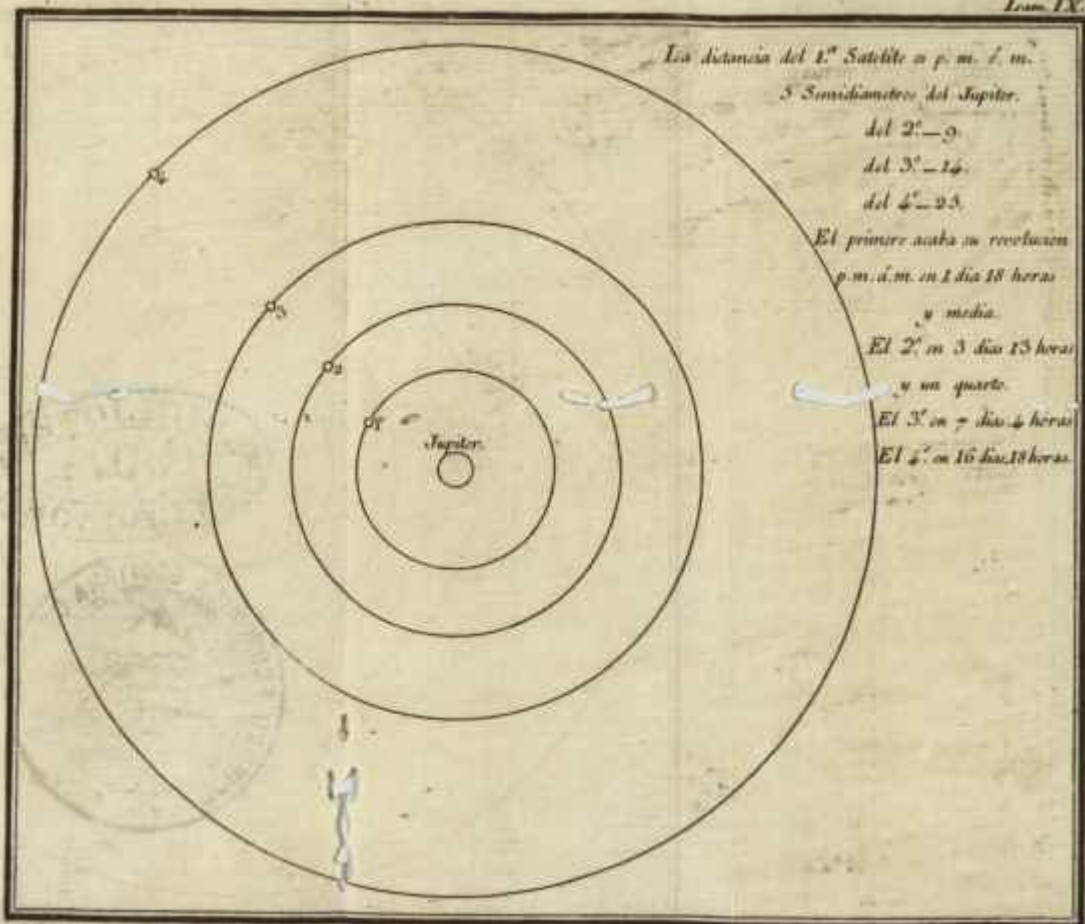
del 3.^o 4 dias, 12 horas
25 minutos.

del 4.^o 15 dias, 22 horas
41 minutos.

del 5.^o 79 dias, 7 horas
48 minutos.









1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



