

45  
DADA  
CIÓN

Q B 1 4 5  
A 7  
C . 1

1333  
1333

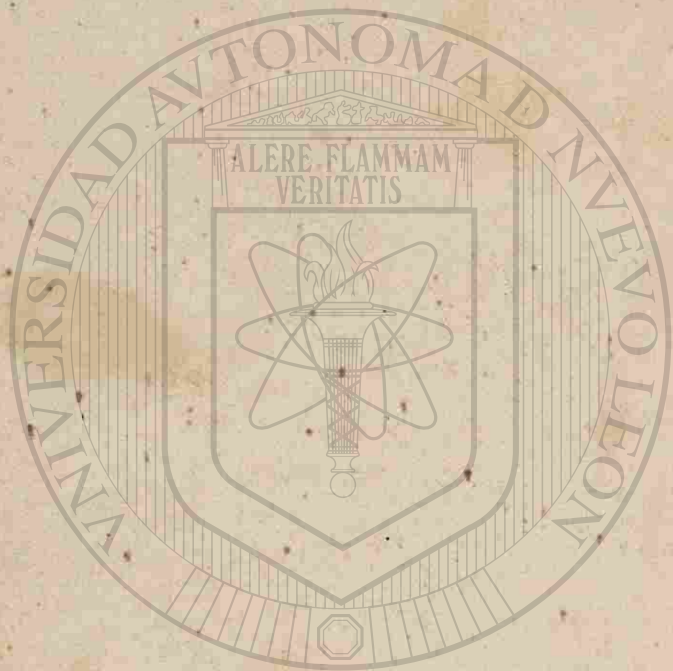
1333  
1333





1080043758

93



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





52(02)  
a.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Q844  
ALEX. PLAMM  
ARTATIS  
A7

Núm. Clas \_\_\_\_\_  
 Núm. Autor \_\_\_\_\_  
 Núm. Adg. 50490  
 Procedencia \_\_\_\_\_  
 Precio \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_  
 Clasific. \_\_\_\_\_  
 Catalogó \_\_\_\_\_



FONDO BIBLIOTECA PUBLICA  
DEL ESTADO DE NUEVO LEON  
49972



LECCIONES  
DE  
**ASTRONOMIA**

PROFESADAS EN EL OBSERVATORIO REAL  
POR  
**M. FR. ARAGO,**

MIEMBRO DEL INSTITUTO  
con el objeto de poner esta ciencia al alcance de todas las personas.  
TRADUCIDA Y AUMENTADA

CONSIDERABLEMENTE Y SACADAS DE UN  
**TRATADO DE LA ESFERA,**

POR  
**D. J. B.**

reimpreso para uso de los alumnos del Colegio Civil  
de esta ciudad.



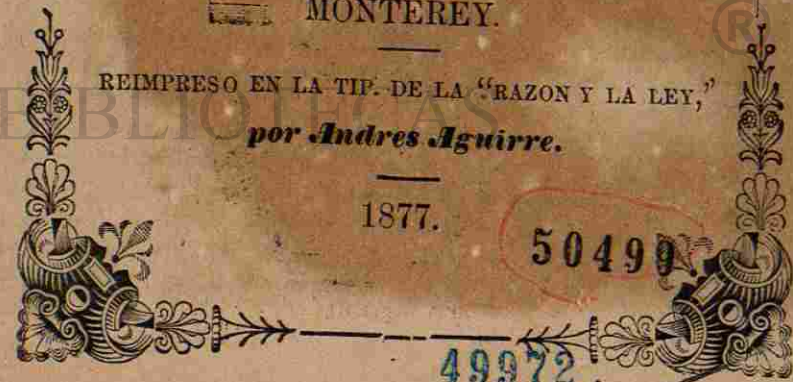
Capilla Alfonso  
Biblioteca Universitaria

MONTEREY.

REIMPRESO EN LA TIP. DE LA "RAZON Y LA LEY,"  
por *Andrés Aguirre.*

1877.

50490



49972





## ANTEOJOS Y TELESCOPIOS.

Los anteojos astronómicos pueden considerarse compuestos esencialmente de dos vidrios: uno, que se llama *objetivo*, recibe los rayos luminosos que vienen del objeto y forman con ellos una imagen en el foco; el otro que se llama *ocular*, se pone cerca del ojo y sirve para mirar dicha imagen. El aumento de tamaño en esta especie de anteojos procede de dos causas: la imagen formada en el foco queda ya abultada cuando se mira con la simple vista, porque para ello se coloca uno siempre á siete ú ocho pulgadas, distancia mucho menor que la que media entre aquel y el lente, y así es vista bajo mayor ángulo; pero la causa principal del aumento de la imagen reside en el ocular, el cual es un lente cuya distancia al foco es muy pequeña. Los anteojos astronómicos son de mucho alcance; hay los entre ellos que hacen los objetos mil veces mayores.

Los telescopios se componen de un espejo metálico pulimentado, en cuyo foco se dibuja la imagen por medio de la reflexion. Mas como esta imagen no puede ser vista al través del reflejador, se hace uso de otro espejo pequeño para proyectarla lateralmente ó sino detras del reflejador por una pequeña abertura practicada al intento. El inconveniente de esta reflexion doble es amortiguar considerablemente la luz, porque es sabido que el espejo mas pulimentado no refleja nunca mas de la mitad de la luz incidente. Así, pues, un telescopio no tiene mas que la cuarta parte del alcance de un antejo de iguales dimensiones.

Para medir la altura de los astros y otro gran número de operaciones llevan los anteojos en su campo de vista varios hilos metálicos dispuestos á varios modos, cuya sutilidad es asombrosa, pues son mucho mas delgados que las telas de araña. Muy ingenioso es el medio que se practica para construirlos. Estos hilos, que son de platina, se adelgazan primero en la hilera hasta el punto mayor posible. En seguida se introducen en los cilindros de fundir la plata y forman así el eje de dichos cilindros que se pasan asimismo por la hilera y se reducen á hilos. La platina se ha ido adelgazando á proporcion, y para prepararla se empapa toda la mezcla en ácido nítrico, que disuelve la plata sin tener accion sobre la platina.

NL  
520  
A

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
ALERE FLAMM  
VERE PATIS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE

Nú  
Nú  
Nú  
Pro  
Pre  
Fec  
Cla  
Cat

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE

55000







Por esta estrella, se guiaban en sus expediciones y tal es la su-  
periodad que, desde el tiempo de Nechos, en una época en que  
los demas pueblos apenas osaban á dejar las costas, les habia in-  
ducido á dar vuelta al Africa, partiendo del mar Rojo, y volver  
al tercer año á la embarcadura del Nilo.

Poco mas ó menos á la misma época, la astronomía fué intro-  
ducida de la Fenicia en Grecia por Tales. A los Griegos, que  
solo sabian observar la Osa mayor, les hizo observar que es un  
guía mas seguro la estrella polar. Enseñóles las leyes del movi-  
miento del sol y la luna, de cuyas leyes derivaba la explicacion  
de la duracion de los dias y la determinacion del año solar. Tam-  
bien conoció la causa de los eclipses y hasta aun parece el medio  
de predecirlos, pues adquirió gran celebridad por haber anuncia-  
do uno que sucedió un dia de batalla entre los Medos y Lidios.

Anaximandro, discípulo suyo, inventó el globo terrestre, hizo  
construir en Esparta el gnomon que le servia para observar los  
equinoccios y solsticios, y determinó con bastante precision la  
oblicuidad de la eclíptica. Los Griegos no tardaron en aprove-  
char para la navegacion estas ideas nuevas, si bien no se mostra-  
ron agradecidos para con el sábio á quien las debian, á quien  
proscribieron, y aun le hubieran dado la muerte, si no hubiera  
conseguido, Pericles arrancarlo del furor del pueblo supersticio-  
so. Su crimen consistia en haber profesado que al mundo go-  
bernaban leyes inmutables.

Pitágoras, que vivia cerca de cinco siglos antes de nuestra era,  
hizo hacer grandes pasos á la ciencia á la que enriqueció de casi  
todas las grandes teorías en las que reposa en el dia. Este sábio  
fué el que descubrió el sistema del mundo al que ha dado su  
nombre Copérnico. Tambien fué el primero que tuvo la idea  
atrevida de que los planetas son globos habitados, como el que  
habitamos, y que las estrellas, que pueblan la inmesidad del espa-  
cio, son otros tantos soles destinados á dispensar calor y luz á los  
sistemas planetarios que hácia ellos gravitan. A los cometas  
los consideraba no como meteoros fugitivos formados en la atmós-  
fera, sino como astros permanentes que se mueven al rededor del  
sol, segun las leyes que le son propias.

El primero que enseñó á clasificar los climas segun lo largo  
de los dias y de las noches fué Piteas que hizo ó vió nacer entre  
los Griegos, un gusto pronunciado por la astronomía. No pu-  
diendo satisfacerle mas en Atenas, se remontó al origen de estas  
ciencias, y, fué á estudiar á Egipto, de donde Eudoxio trajo á  
su vuelta nuevos conocimientos que consignó en muchas obras.  
El fué el que explicó é hizo adoptar á los griegos reunidos en

los juegos olímpicos, el famoso ciclo de diez y nueve años, imag-  
nado por Meton, para conciliar los movimientos del sol y de la luna.  
El año de este ciclo está indicado todavía en nuestros calenda-  
rios bajo el nombre de *número de oro*.

Todas las ciencias se encadenan y se dan mutuamente la ma-  
no. La astronomía fué de grande utilidad á la física y á la geo-  
grafía, prestándoles su ayuda. Aristóteles determinó, por medio  
de observaciones astronómicas, la forma y magnitud de la tier-  
ra. De la apariencia de la sombra que describe circularmente  
en los eclipses, sobre el disco de la luna, y de la desigualdad de  
las alturas del meridiano solar en las varias latitudes, dedujo la  
prueba de su esfericidad.

De este modo se engrandecía el estudio de la astronomía ba-  
jo el dominio de aquellos sábios. Pero entre todas las escuelas  
de la antigüedad donde se enseñaba esta ciencia, la de Alenjan-  
dria brillaba por una honorífica y justa celebridad. Recogia con  
suma inteligencia una porcion de observaciones que hácia con  
instrumentos trigonométricos. Describía con mucho cuidado  
las constelaciones, determinaba de un modo preciso la posicion  
de las estrellas, el curso de los planetas, y empezaba á hacerse  
cargo de las desigualdades de los movimientos del sol y de la lu-  
na. Hiparco determinó la longitud del año trópico con una pre-  
cision desconocida hasta entónces, fijándola á cuatro minutos y  
medio poco mas ó menos.

Tolomeo á quien se mira como el primero de los astrónomos,  
vivía en el segundo siglo de nuestra era. En su grande *sintaxis*  
nos ha trasmitido las observaciones y los principales descubri-  
mientos de los antiguos. Esta obra da la teoría y las tablas del  
movimiento del sol, de la luna, de los planetas y de las estrellas  
fijas. Habia adoptado el sistema que supone la tierra colocada  
en el centro del mundo y al cual se ha dado su nombre. Las  
ideas inexactas que encierra, no impidieron á este grande hom-  
bre de calcular los eclipses que debian suceder en los seis siglos  
siguientes.

La *sintaxis* fué traducida hácia el año 828 por los Arabes, y lla-  
mada *almageste*. Cuatro siglos despues se tradujo en latin por  
orden de Federico II. Alfonso, rey de Castilla reunió á todos  
los astrónomos conocidos, y les hizo formar nuevas tablas que  
fueron llamadas *Alfonsinas*.

Lisonjeó esta proteccion á todos los hombres ilustrados que  
habia en Europa. La astronomía conducia á los favores, á la re-  
putacion, y así pues la cultivaron. Multiplicáronse los tratados  
y con ellos los instrumentos que facilitan las observaciones. Pe-



ro el acontecimiento mas memorable de aquella época, es la reproducción del antiguo sistema del mundo descubierto por Pitágoras, y resucitado por Copérnico en 1472. Halló que el de Tolomeo que supone la tierra fija, y el sol, la luna y los planetas girando en círculos concéntricos al derredor de este cuerpo, no estaba acorde con los fenómenos. Observó que las dificultades que le complican desaparecian admitiendo que el sol es un centro al derredor del cual hace la tierra su revolucion anual como los demas planetas. Esta teoría descansa en razones tan incontestables, que es la única que se enseña hoy en dia en toda Europa. Desgraciadamente Copérnico no tuvo la satisfaccion de ver triunfar la doctrina que tambien habia defendido. Perseguido por devotos indiscretos, molestado por las intrigas de los sábios, no pudo publicar la obra donde habia consignado sus observaciones sino mucho tiempo despues de haberla concluido. Murió algunos dias despues de haber visto el primer ejemplar.

La única oposicion un poco seria que experimentó la doctrina de Copérnico, fué la de Tico-Brahe, célebre astrónomo danés, que queria hacer prevalecer la suya. Su sistema como hemos visto; difiere poco del de Tolomeo, y sin embargo lleva su nombre. Supone que la tierra está en el centro del mundo y que el sol ejecuta al rededor de ella su revolucion en 24 horas. Los planetas hacen otro tanto con respecto á él; pero por periodos; Mercurio, en primer lugar, como colocado á una distancia menor luego Venus, Marte, Júpiter y Saturno que recorren la misma órbita. Sin embargo, algunos de sus discípulos suponían que la tierra estaba animada por un movimiento diurno al rededor de su eje; que el sol y todos los planetas hacian su revolucion en un año al rededor de la tierra. Demostrarémos el vicio de esta hipótesis cuando hablemos del sistema de Tolomeo.

Uno de los discípulos de Tico-Brahe, Kepler, hizo hacer á la ciencia progresos muy rápidos. Hiparco, Tolomeo, el mismo Copérnico, debian gran parte de sus conocimientos á los Egipcios, Caldeos é Indios; es decir que seguian un camino trillado. Este sábio no fué deudor mas que á sí mismo, de los descubrimientos que le han hecho tan célebre; la antigüedad no le habia legado ninguna traza que pudiese ponerlo en camino.

En la misma época vivia Galileo. Mientras que Kepler trazaba las órbitas de los planetas y hallaba las leyes de sus movimientos, Galileo sometia á sus investigaciones las leyes del movimiento en general, que yacian olvidadas dos mil años hacia. Newton y Huygens pudieron posteriormente, con la ayuda de los trabajos de aquellos dos sábios, determinar todos los movi-

mientos planetarios. Galileo habia demostrado de un modo incontestable, que la tierra está animada de un movimiento diurno y de un movimiento anual; pero su doctrina era contraria á las ideas dominantes. Los cardenales le llamaron y sin consideracion á su edad, virtudes y luces, le condenaron á una cárcel perpetua.

Desde Newton que la perfeccionó, no ha cesado la astronomía de ser cultivada por varones célebres por sus descubrimientos y vasta ciencia: mas basta ya en lo tocante á la parte histórica de esta ciencia. Entremos ahora en materia.

#### NOCIONES PRELIMINARES--DEFINICIONES.

La astronomía es la ciencia que trata de los movimientos, distancia, magnitud, constitucion física, eclipses y demas fenómenos de los cuerpos celestes.

Bajo el nombre genérico de *estrellas*, se comprenden todos los cuerpos que pueblan los espacios celestes, pero la astronomía las divide en muchas clases.

Llámanse *estrellas fijas* las que parecen guardar siempre la misma posicion relativa, y conservar entre sí las mismas distancias en el movimiento de revolucion de la esfera. Para distinguir las y señalarlas con mas facilidad, los astrónomos las han dividido en grupos, á los que han dado el nombre de *constelaciones*. Cada una de éstas tienen su denominacion particular derivada del nombre de un hombre ó animal, á veces de su forma, pero escogidas las mas arbitrariamente: la utilidad de estas denominaciones las ha conservado entre nosotros. Para distinguir unas de otras las estrellas de cada constelacion, se clasifican segun su brillo ó aparente magnitud, dando á cada una de ellas una señal particular. Así, pues, designase por A las demas consideracion, y las demas se señalan con arreglo al método que puso en práctica Juan Boyer, en sus mapas celestes, el cual consiste en designar á cada una de ellas en el órden de su magnitud por las letras del alfabeto griego, empezando por *a* para la principal, *b* para la segunda, etc. Si no basta el número del alfabeto griego, se hace uso de las letras romanas, y aún de los números ordinales 1, 2, 3, etc. Esta nomenclatura ha sido seguida por todos los astrónomos modernos.

Habiendo demostrado la observacion que ciertos astros tienen ademas del movimiento de revolucion diurna, otro particular que altera sus relaciones de distancia con los que le rodean, se les ha dado el nombre de *planetas* de una palabra griega que quiere decir *errante*.



Herschell define á los planetas diciendo que son cuerpos celestes de notable magnitud y de escasa escentricidad de órbita, que se mueven en línea recta sobre planos que solo se apartan algunos grados de la tierra, y que recorren órbitas muy lejanas unas de otras, rodeados de espaciosa atmósferas que, sin embargo, apenas tienen una proporción sensible en sus diámetros. Tienen también satélites ó anillos.

Divídense los planetas en *primarios y secundarios*. Los primeros son los que giran al derredor del sol como centro, y los secundarios llamados mas comunmente *satélites ó lunas* son los que mueven al derredor de un planeta primario como centro y se por éste arrastrados al rededor de su revolución al rededor del sol.

Los planetas primarios se subdividen en *superiores é inferiores*. Los superiores son los que están mas remotos del sol que la tierra, como Marte, Júpiter, Saturno y Urano; los inferiores son los que se acercan mas al sol, como Mercurio y Venus.

Por lo tocante á los planetas nuevamente descubiertos, como Ceres, Juno, Palas y Vesta, así como los que pudieran descubrirse en adelante, Herschell ha propuesto darles el nombre de *asteroides*, designando así á los cuerpos celestes que se mueven en órbitas de una escentricidad cualquiera en derredor del sol sea grande ó pequeño el ángulo que haga con la eclíptica ó plano de este astro, tengan su movimiento directo ó retrógrado, y estén ó no privados de atmósferas.

Estos son algunos de los signos usados en las tablas y en las esferas para señalar los planetas:

Mercurio,

Venus,

Tierra,

Marte,

Júpiter,

Saturno,

Herschell ó Urano.

La órbita de un astro es la trayectoria que describe en su revolución en derredor de aquel otro que le sirve de centro. Las órbitas de los planetas son elipses de una escentricidad muy pe-

queña: las de los cometas, al contrario, son muy escéntricas, esto es, se alejan mucho de la forma del círculo.

*Elipse* es la sección hecha en un cono recto por un plano oblicuo á su base, pero que no se encuentra con ella. Para trazarla no hay mas que fijar en dos puntos los extremos de un hilo flojo y atirantándoles despues, con un lápiz ir trazando la curva en esta disposición con la punta de este, poniéndola en todas direcciones hasta que queda aquella cerrada, y manteniendo siempre tirante el primero. Los dos puntos fijos se llaman *focos* de la elipse, y que su escentricidad es la distancia de ellos al punto medio de la línea que los divide, cuyo punto llámase *centro*.

LLámase *parábola* la sección hecha en un cono por un plano paralelo al lado del cono.

*Elíptica* es la órbita que describe el sol aparentemente en derredor de la tierra, y en realidad la tierra al rededor del sol. Sus polos son los puntos que marca en el cielo la línea que por su centro pasa.

El *horizonte sensible* es un plano tangente al globo en el punto en que el observador se encuentra. Es el círculo que limita nuestra vista.

El *horizonte racional* es el plano que pasa por el centro de la tierra paralelo al horizonte sensible. La intersección de este plano en el cielo se llama *horizonte celeste*.

*Esfera* es la órbita cóncava ó superficie esférica imaginaria que rodea nuestro globo y en que vemos los cuerpos celestes. El centro de la esfera es el centro de la tierra; y como su radio se considera de una longitud infinita, resulta que cualquier punto de la superficie terrestre, en que el ojo del observador esté, podrá servirle de centro en virtud de la circunferencia. Llámase *polos* los dos puntos en que aparentemente gira.

El *zenit* y el *nadir* son los dos puntos en que encuentra á la esfera celeste, la línea vertical que pasa por el centro de la tierra y el punto en que está situado el observador: el primero es el punto que tiene encima, y el segundo el que tiene debajo.

El *eje* de la tierra es el diámetro en cuyo rededor gira con un movimiento uniforme del oeste á este. Son *polos terrestres* los puntos en que el eje encuentra la superficie. Los puntos en este eje encuentra á la esfera son los *polos celestes*.

*Nudos* son los puntos en que la órbita de un planeta corta á la eclíptica. El nudo en que el planeta se remonta hácia el norte, por encima del plano de la eclíptica es el *nudo ascendente*, y aquel en que desciende hácia el sur es el *nudo descendente*. La línea traída entre ambos es la *línea de los nudos*.



El *apogeo* es el lugar de la órbita de un planeta en que se encuentra á mayor distancia de la tierra, y el *perigeo* aquel en que está mas cerca.

*Apsides* son los puntos de la órbita de un planeta, en que se halla á la mayor distancia del sol ó de la tierra. El primero de estos puntos, á saber aquel en que está mas distante, se llama *afelio*, y el otro *perihelio*. La línea que los une y que pasa por el centro del sol es la línea de los *apsides*.

El *ecuador terrestre* es un círculo máximo de la superficie de la tierra equidistante de los polos y que la divide en dos hemisferios, *norte* y *sur*, en cuya mitad están respectivamente los polos así llamados. El *ecuador celeste* es el círculo máximo de la esfera trazado en ella por la prolongacion indefinida del plano del ecuador terrestre. Este círculo se llama tambien equinoccial.

El *meridiano terrestre* de un punto de la superficie de la tierra, es un círculo máximo que pasa por él y por los polos. Cuando el plano de este círculo se prolonga hasta la esfera celeste, traza allí otro que se llama *meridiano celeste* del observador en aquel punto.

El *plano del meridiano* es el plano de dicho círculo, cuya interseccion en el horizonte sensible del espectador se llama *línea meridiana*, que pasa por los polos norte y sur del horizonte.

La *latitud* de un lugar de la superficie terrestre es la distancia de él al ecuador medida en su correspondiente meridiano y se cuenta por grados, minutos y segundos hácia el norte ó hácia el sur, segun el hemisferio á que aquel pertenezca. La *latitud de un astro* es la distancia de este astro á la eclíptica medida por un arco del círculo máximo, que pasa por el astro y los polos de la eclíptica.

Los *paralelos de latitud* son varios círculos pequeños trazados sobre la superficie de la tierra paralelos al ecuador. Cada uno de estos círculos tiene la misma latitud.

Se llama *longitud* de un lugar de la superficie de la tierra á la distancia que hay de él á un meridiano fijo tomado arbitrariamente medida por el ángulo comprendido entre este último y su meridiano. Este ángulo se mide por el arco del ecuador comprendido entre ambos planos. *Longitud de un astro* es la distancia que média entre el círculo que pasa por dicho astro y los polos de la eclíptica, y un punto determinado del cielo, que es primero de la constelacion llamada *Aries*. Esta distancia se mide en el arco de la eclíptica comprendido entre el círculo que pasa por el astro y los polos de ésta, y el círculo que la corta perpendicularmente pasando por aquel punto.

Llámanse puntos *equinociales* ó *equinoccios*, los dos en que la eclíptica corta al ecuador. Tienen este nombre porque cuando el sol en su movimiento anual llega á colocarse en ellos, tiene que invertir entónces igual tiempo en recorrer el arco inferior, que el superior de la curva circular que al derredor de la tierra describe. El punto en que pasa del hemisferio austral al boreal se llama punto equinoccial de *Aries*, y este paso ocurre el 21 de marzo; aquel en que pasa del hemisferio boreal al austral se llama punto equinoccial de *Libra*, cuyo término es el 23 de diciembre.

*Puntos solsticiales* ó *solsticios* son aquellos en que el sol se encuentra mas distante del ecuador. Llámanse así porque en ellos parece que se para para volver á acercarse á este último. El mas próximo al polo boreal se llama punto solsticial de *Cáncer*, porque entónces [el 20 ó 21 de junio], llega cabalmente á esta constelacion en su movimiento diurno. El mas próximo al polo austral se llama punto solsticial de *Cupricornio*, porque pasa en esta ocacion [20 ó 21 de diciembre], por esta constelacion en su movimiento de rotacion. El primero de dichos dias empieza nuestro verano, y por esta razon se llama *solsticio de verano* aquel á que corresponde, el otro se llama *solsticio de invierno* por la misma razon. Cuando el sol está en los solsticios conserva casi la misma altura meridiana, y en cada uno de ellos describe círculos paralelos. Estos círculos se llaman *tropicos*, llamándose trópico de *Cáncer* el en que está en el hemisferio boreal, y trópico de *Capricornio* el del hemisferio austral.

En todo esto hemos supuesto que el sol gira en derredor de la tierra; pero los mismos fenómenos se observan en la hipótesis contraria en virtud de la ilusion óptica que padecen nuestros sentidos.

Los *coluros* son los nombres antiguos de dos círculos máximos de la esfera: el de los *equinoccios* pasa por los puntos equinociales y el polo del ecuador, y el de los solsticios por los puntos solsticiales y el polo de la eclíptica.

Llámanse *azimut* de un astro el ángulo comprendido entre el plano vertical que pasa por él, y el meridiano del observador. Este ángulo es medido por el arco respectivo del horizonte racional.

Dos planetas están en *conjuncion* cuando tienen la misma longitud, y en *oposicion* cuando sus longitudes se diferencian en 180°. *Sizigia* es el nombre comun dado á la oposicion y á la conjuncion de la luna con el sol.

*Zodiaco* es una zona de cerca de 18 grados cortada por la eclíptica en dos bandas iguales. Divídese en doce partes iguales



llamadas *signos* y cada signo en treinta grados. Cada uno de los signos ha recibido un nombre particular, que son:

	Grados.
0	Aries, 0
1	Tauro, 30
2	Géminis, 60
3	Cáncer, 90
4	Leo, 120
5	Virgo, 150
6	Libra, 180
7	Escorpión, 210
8	Sagitario, 240
9	Capricornio, 270
10	Acuñio, 300
11	Piscis, 330

La explicación etimológica de estos diferentes nombres ha sido origen de muchas discusiones y aquí han puesto fin los trabajos del instituto de Egipto, haciendo ver que estos nombres admitidos hoy entre todos los pueblos que se dedican á la astronomía, se han sacado de comparaciones hechas por los egipcios entre los fenómenos celestes y los fenómenos terrestres, los cuales eran, la mayor parte, meramente locales y particulares solo á cierto territorio de su país.

## LECCION III.

## ASPECTO DEL CIELO. MOVIMIENTOS APARENTES DE LOS CUERPOS CELESTES.

Quando levantamos los ojos al cielo, vemos estenderse encima de nuestras cabezas un vasto hemisferio cóncavo, cuyo centro parece que lo ocupamos nosotros y figura al declinarse que se reúne con el horizonte. Durante el día, esta inmensa bóveda está iluminada por un disco brillante que, salido de las regiones del este, le recorre magistrosamente y vuelve á bajar después para aparecer otra vez al oeste. La débil luz que le había precedido no tarda en apagarse, y entonces aparecen por todos los lados, en la inmensidad del espacio, una multitud de puntos brillantes de una variable magnitud, y cuyo número va creciendo á medida que la oscuridad se hace mas profunda. Los movimientos de estos cuerpos dan nuevo realce á la belleza del

espectáculo. Mientras que unos, moviéndose en la misma direccion que el sol, van á hundirse como él al oeste hácia el horizonte, otros asoman por el oeste, recorren la bóveda de los cielos y desaparecen por la parte en que el sol se ha ocultado á nuestra vista. Sin embargo, no todos van á ocultarse en el horizonte: hay algunos que para nosotros, no alcanzan jamas este círculo, y cuyo curso puede seguirse durante la noche, uno de ellos parece estar constantemente inmóvil. Y por otro lado mientras que unos describen en el cielo un círculo inmenso, otros describen un pequeño arco al horizonte, y aun algunos no hacen mas que salir y desaparecer. Tales son los fenómenos de la salida y ocaso de los astros. A este movimiento general que la esfera estrellada hace en un día y una noche, se ha dado el nombre de movimiento diurno.

En esta revolucion de la esfera, las astros sometidos al movimiento que acabamos de describir, parecen, á primera ojeada, que conservan las mismas distancias entre sí. Pero observaciones mas precisas no tardaron en demostrar que si el mayor número de los cuerpos celestes, conservan siempre sus situaciones relativas, algunos de entre ellos están dotados de un movimiento particular, que los trasporta sucesivamente de una constelacion á otra. Llámase este movimiento, *movimiento propio de los planetas*.

El sol está dotado, como los planetas, de un movimiento propio, porque le vemos salir y ponerse sucesivamente en varios puntos del horizonte. A fines del mes de junio sale por la parte del norte, permanece largo tiempo en el horizonte, y se acerca mas del zenit, mientras que á fines de diciembre sale mas al mediodia, se aleja del zenit y no describe mas que un pequeño círculo encima del horizonte. A este movimiento debemos la variedad de las estaciones y la desigualdad de los dias.

El movimiento de la luna y el aspecto que presenta en los diferentes periodos de su curso, son mas notables todavía. Al principio empieza á mostrarse en la parte oeste del cielo, á poca distancia del sol, bajo la forma de una hoz á creciente, que se aumenta á medida que la luna se aleja del sol, hasta que por fin se levanta hácia el este, en el momento en que el sol se pone al oeste: su faz es entonces exactamente circular. Animase luego gradualmente hácia el este, se sesga y se eleva mas y mas cada noche, hasta que se halla tan cerca del sol al oeste como lo era al este. Muéstrase entonces por la mañana, un poco antes que el sol, así como en la primera parte de su curso se la apercibia en el oeste un poco después de él. Estas diversas facies se efectúan en el es-



llamadas *signos* y cada signo en treinta grados. Cada uno de los signos ha recibido un nombre particular, que son:

	Grados.
0	Aries, 0
1	Tauro, 30
2	Géminis, 60
3	Cáncer, 90
4	Leo, 120
5	Virgo, 150
6	Libra, 180
7	Escorpión, 210
8	Sagitario, 240
9	Capricornio, 270
10	Acuñio, 300
11	Piscis, 330

La explicación etimológica de estos diferentes nombres ha sido origen de muchas discusiones y aquí han puesto fin los trabajos del instituto de Egipto, haciendo ver que estos nombres admitidos hoy entre todos los pueblos que se dedican á la astronomía, se han sacado de comparaciones hechas por los egipcios entre los fenómenos celestes y los fenómenos terrestres, los cuales eran, la mayor parte, meramente locales y particulares solo á cierto territorio de su país.

## LECCION III.

## ASPECTO DEL CIELO. MOVIMIENTOS APARENTES DE LOS CUERPOS CELESTES.

Quando levantamos los ojos al cielo, vemos estenderse encima de nuestras cabezas un vasto hemisferio cóncavo, cuyo centro parece que lo ocupamos nosotros y figura al declinarse que se reúne con el horizonte. Durante el día, esta inmensa bóveda está iluminada por un disco brillante que, salido de las regiones del este, le recorre magistrosamente y vuelve á bajar después para aparecer otra vez al oeste. La débil luz que le había precedido no tarda en apagarse, y entonces aparecen por todos los lados, en la inmensidad del espacio, una multitud de puntos brillantes de una variable magnitud, y cuyo número va creciendo á medida que la oscuridad se hace mas profunda. Los movimientos de estos cuerpos dan nuevo realce á la belleza del

espectáculo. Mientras que unos, moviéndose en la misma direccion que el sol, van á hundirse como él al oeste hácia el horizonte, otros asoman por el oeste, recorren la bóveda de los cielos y desaparecen por la parte en que el sol se ha ocultado á nuestra vista. Sin embargo, no todos van á ocultarse en el horizonte: hay algunos que para nosotros, no alcanzan jamas este círculo, y cuyo curso puede seguirse durante la noche, uno de ellos parece estar constantemente inmóvil. Y por otro lado mientras que unos describen en el cielo un círculo inmenso, otros describen un pequeño arco al horizonte, y aun algunos no hacen mas que salir y desaparecer. Tales son los fenómenos de la salida y ocaso de los astros. A este movimiento general que la esfera estrellada hace en un día y una noche, se ha dado el nombre de movimiento diurno.

En esta revolucion de la esfera, las astros sometidos al movimiento que acabamos de describir, parecen, á primera ojeada, que conservan las mismas distancias entre sí. Pero observaciones mas precisas no tardaron en demostrar que si el mayor número de los cuerpos celestes, conservan siempre sus situaciones relativas, algunos de entre ellos están dotados de un movimiento particular, que los trasporta sucesivamente de una constelacion á otra. Llámase este movimiento, *movimiento propio de los planetas*.

El sol está dotado, como los planetas, de un movimiento propio, porque le vemos salir y ponerse sucesivamente en varios puntos del horizonte. A fines del mes de junio sale por la parte del norte, permanece largo tiempo en el horizonte, y se acerca mas del zenit, mientras que á fines de diciembre sale mas al mediodia, se aleja del zenit y no describe mas que un pequeño círculo encima del horizonte. A este movimiento debemos la variedad de las estaciones y la desigualdad de los dias.

El movimiento de la luna y el aspecto que presenta en los diferentes periodos de su curso, son mas notables todavía. Al principio empieza á mostrarse en la parte oeste del cielo, á poca distancia del sol, bajo la forma de una hoz á creciente, que se aumenta á medida que la luna se aleja del sol, hasta que por fin se levanta hácia el este, en el momento en que el sol se pone al oeste: su faz es entonces exactamente circular. Animase luego gradualmente hácia el este, se sesga y se eleva mas y mas cada noche, hasta que se halla tan cerca del sol al oeste como lo era al este. Muéstrase entonces por la mañana, un poco antes que el sol, así como en la primera parte de su curso se la apercibia en el oeste un poco después de él. Estas diversas facies se efectúan en el es-



pacio de un mes para reproducirse despues en el mismo orden.

Algunas veces, en fin, se observan en el cielo cuerpos luminosos enteramente diferentes de los que nos han ocupado hasta ahora, y que por los diversos cambios que experimentan, han sido siempre un objeto de admiracion y curiosidad para los pueblos. Pequeños y poco brillantes en un principio, adquieren en breve dimensiones considerables y dejan apereibir un rastro luminoso cuya extension y vivacidad son muy variables; estos son los cometas. Dotados de movimientos propios cuya direccion es susceptible de cambiar, mientras mas se acercan al sol mas se desarrolla y se vuelve luminosa su cola; por último su brillo, su magnitud disminuyen con mas ó ménos rapidez á nuestra vista.

Al considerar este movimiento de revolucion de la esfera, dos cuestiones se presentan á la mente. ¿Pone cada estrella siempre el mismo tiempo en cumplir su revolucion? ¿Es acaso uniforme su movimiento, esto es, recorre espacios iguales en tiempos iguales?

Para resolver la primera de estas cuestiones, basta dirigir á una estrella cualquiera un anteojo fijado de un modo inmóvil y en una situacion adecuada. Cuéntase el tiempo que pasa hasta la reaparicion de la misma estrella en el anteojo, y fácilmente se asegura el observador que la duracion de la revolucion es absolutamente la misma en cualquier tiempo que sea y sea cual fuere la estrella. El espacio de tiempo que media entre las dos vueltas consecutivas de una estrella en el mismo meridiano forma el *dia sideral*.

La segunda cuestion se resuelve por medio de un aparato que lleva el nombre de máquina *paráctica*. Compónese de un círculo graduado y fijo á un eje central perpendicular á su plano; la prolongacion de este eje se confunde con el diámetro de otro círculo móvil que permanece constantemente perpendicular al primero; este segundo círculo, armado de un anteojo, susceptible de tomar todas las inclinaciones, con respecto al eje central, hace mover girando sobre este eje, una aguja que indica en el primer círculo, los arcos horizontales que ha recorrido. Ahora bien, si se dirige el anteojo á una estrella constantemente visible, será preciso para no perderla de vista, en el círculo que describe, poner el eje de la máquina en la misma direccion que el del cielo ó imprimir al plano móvil un movimiento correspondiente al que ejecuta la estrella. Y si se notan exactamente los intervalos de tiempo que pasan mientras que el plano móvil recorre arcos iguales sobre el plano fijo, se verá que éstos intervalos son iguales entre sí. Así pues, es indiferente, para apreciar la cantidad de apartamiento

de una estrella, tomar por medida el arco que ha recorrido ó el tiempo que ha empleado en recorrerlo, una vez que, entre estos dos datos, hay una razon continúa. Así, cumpliendo la esfera su revolucion en veinticuatro horas, y estando divididos los círculos diurnos, en trescientos sesenta grados, las estrellas describen arcos de quince grados por hora. Pero hay que advertir que estos diversos círculos no siendo todos iguales, no coinciden sus divisiones, y que para comparar sus resultados, es preciso determinar su valor relativo.

Preocupacion popular es creer que se puede ver, por el dia, las estrellas en el fondo de un pozo. Durante el dia, no es posible verlas sino mediante el empleo del telescopio, ó bien subiendo en un globo aerostático, ó en la cumbre de una alta montaña. Las causas que impiden que sean visibies á la simple vista es porque los rayos del sol reflejados por la atmósfera, forman una cadena luminosa que impide verlas, por ser su luz comparativamente mas dévil. Basta en efecto que una luz sea sesenta veces mas dévil que otra para que no sea perceptible para nuestro ojo en presencia de la primera. Puede verificarse este hecho por una experiencia muy sencilla: colóquense entre dos bugías encendidas un cuerpo que produzca dos sombras; aléjese despues una de las bugías á una distancia tal que la luz que despide sobre el cuerpo intermedio, no sea mas que la sesentésima parte de la que despedia al principio, cosa fácil cuando se sabe que la intensidad de la luz está en razon inversa del cuadrado de las distancias. La sombra producida por la luz así alejada ya no será visible, pero si hay movimiento se hará perceptible. Esta es la principal razon que hace que con los instrumentos de óptica se vean en el medio del dia: porque estos instrumentos aumentando prodigiosamente las distancias, aceleran tanto mas los movimientos.

Ademas del movimiento propio que nos ha hecho distinguir en un principio á los planetas y los cometas de las estrellas fijas, se nos presenta otra diferencia, y es el centelleo, fenómeno exclusivamente propio de las estrellas fijas y que es un cambio de intensidad acompañado de un cambio de color de estos astros. Para comprenderlo es menester referirse á un descubrimiento recientemente hecho en las propiedades de la luz. Si se hacen concurrir en un mismo punto dos rayos luminosos partiendo del mismo origen, no siempre se unirán para dar mayor cantidad de luz; pero podrá suceder si se les hace recorrer diferentes distancias ó atravesar por medio de diversas densidades, que en ciertas condiciones, estos dos rayos en vez de aumentarse se destruyan, de modo que por extraño que parezca este, el resultado será la



oscuridad, apesar de añadirse luz á la luz. Este es el fenómeno de las *interferencias luminosas*, y por él se explica el centelleo. Las diferentes partes de la atmósfera, estando en una continua variación de densidad, realizan las condiciones del fenómeno de las interferencias é interceptan así algunos de los rayos que componen la luz blanca de las estrellas, para no dejar llegar á nuestra vista mas que los demas rayos, que no producen entónces mas que una imagen de la estrella débil y color diferente.

Si los planetas no centellean, es porque tienen una cierta *extensión*.

El aspecto del cielo varia con la posición del observador. Supongamos que ocupa precisamente uno de los polos de la tierra, por ejemplo, el polo boreal; en esta posición su zenit será el polo celeste boreal, y su horizonte racional se confundirá con el ecuador. Todos los astros cuya declinación es boreal; es decir, todos los que están comprendidos entre el ecuador y el polo boreal, parecerán recorrer círculos paralelos al horizonte; y todos aquellos cuya declinación es austral permanecerán constantemente invisibles. El paralelismo de todos estos movimientos con respecto al horizonte, ha hecho dar á esta posición, así como hemos dicho ya, el nombre de *esfera paralela*.

Supongamos que el observador se trasporta al ecuador: su horizonte racional pasará por los polos, y en esta posición apercibirá las estrellas durante todo el tiempo que emplean en describir la mitad de sus círculos diurnos, y los planos de todos estos círculos serán perpendiculares al horizonte. Tal es la posición de la *esfera recta*.

Si el observador se dirige despues desde el ecuador hácia uno de los polos, el polo norte por ejemplo, este polo parecerá elevarse gradualmente sobre el horizonte, y el polo sud se hundirá hácia abajo en la misma proporción. Separado un observador por ejemplo 30 grados del ecuador hácia el polo ártico su zenit será CF, el gran HOR será su horizonte; el plano del ecuador EOZ estará lejano del zenit F de 30 grados, y por consiguiente distante 60 grados del ecuador. El polo P será elevado de 30 grados medidos por el ángulo HCP y el polo P se bajará de la misma cantidad debajo de este plano. Siguese de esta construcción que la distancia del zenit al ecuador, ó sea la *latitud*, es siempre igual á la altura del polo en el horizonte. En esta situación los círculos descritos por las estrellas se hallan inclinados sobre el horizonte, y esto es lo que ha hecho dar á esta posición el nombre de *esfera oblicua*.

Siguiendo en su curso á los astros de la esfera, les hemos vis-

to elevarse á todos sucesivamente sobre el horizonte y descender despues debajo de él. ¿Cuál será el punto en que el astro cesará de subir? ¿Como le determinamos?

Muchos métodos conducen á este resultado; el siguiente, fundado en las alturas correspondientes del sol, es acaso el mas simple.

Sobre una superficie exactamente horizontal se coloca una regla vertical, al pie de la cual se describen, como centro, muchas circunferencias. Márcanse sobre cada una de ellas los puntos correspondientes á las estremidades de las sombras proyectadas por el sol á diversas alturas, antes y despues de medio-día: despues se divide el arco comprendido entre ambos puntos que la sombra ha trazado sobre cada circunferencia, y de este modo se obtiene una línea que pasando por el pié del de la regla, determina el plano en que se halla el sol cuando está en lo mas elevado de su carrera. Llámase este instrumento *gnomon*, y el plano que con su auxilio se determina en el *meridiano*. Este paso, como sabemos, por el zenit del lugar, y por los polos, y corta el horizonte segun una recta que toma el nombre de *meridiano*.

Trazada así la línea meridiana, hay que hacer uso del instrumento de los *pasos* ó sea anteojo meridiano, que describiremos con tanto mas placer, cuanto que con frecuencia echan mano de él los astrónomos.

Este instrumento se compone, como los antejos astronómicos, de un tubo cilíndrico con sus dos vidrios objetivo y ocular. En el foco del objetivo hoy puesto un diafragma horadado en su mitad, á fin de que no pasen mas que los rayos próximos al eje y á hacer así mas clara la vision. En este mismo sitio están colocados sobre una chapa metálica movable varios hilos sumamente delgados que dividen el campo del anteojo en cuatro partes iguales. Estos hilos suelen ser generalmente en el micrómetro en número de cinco verticales y paralelos, habiendo además otro horizontal. Este instrumento fijado con seguridad sobre una especie de muñones, está de tal modo construido que solo puede moverse en un plano vertical.

Esto supuesto se coloca el instrumento de manera que el eje horizontal del anteojo forme ángulos rectos con la línea meridiana, y este, por consiguiente, coincida con el plano del meridiano. En esta disposición se espera que la estrella llegue á cruzar el hilo del medio, y viendo entónces la hora que señala un cronómetro bien arreglado, se sabe aquella en que estaba en su mayor altura, ó sea su paso por el meridiano. Otro método se conoce llamado de las *alturas correspondientes*, por el que no se necesita trazar de antemano la línea meridiana.



A consecuencia del movimiento diurno aparente, los astros describen al parecer círculos paralelos al ecuador, cuyas dos partes á derecha é izquierda del meridiano son semejantes; así pues, una hora antes y una hora despues del paso de este último tienen la misma altura sobre el horizonte, por la uniformidad de su movimiento. Observando, pues, por medio de un reloj el momento en que el astro tenia una altura cualquiera antes de su paso por el meridiano y luego aquel en que viene á tener la misma altura al bajar al poniente, la mitad de la diferencia entre los tiempos de la observacion señalará la hora fija de su paso. Despues se puede señalar la línea meridiana, y basta para ello dividir en dos partes iguales el ángulo que forman las líneas de tierra que exactamente correspondian debajo del anteojo vertical con que se observan las alturas.

Hay así mismo varios métodos para fijar la posición de los astros, usándose dos sobre todo con particular preferencia.

Consiste el primero en medir los ángulos formados por los planos verticales que pasan por cada astro con un meridiano á que se refieren las distancias de dichos astros. Empiézase por fijar la altura del astro que se observa sobre el plano vertical en que está colocado por medio del *cuadrante del círculo mural*. Este es un sector provisto de un anteojo movedido, en cuyo foco hay un micrómetro compuesto solo de dos hilos movibles, uno vertical y otro horizontal. El radio del círculo debe estar dispuesto muy verticalmente en el plano del meridiano, y debe corresponder á la cifra *cero* de las divisiones de grados trazadas sobre el cuadrante descrito por el radio. El hilo vertical del micrómetro sirve para dirigir el eje óptico en el plano del radio; condicion indispensable para que los arcos medidos por el limbo sean iguales á los que describe el eje óptico. En el momento en que el eje entra en el plano del anteojo, se le hace seguir exactamente la dirección del hilo horizontal, y luego que su centro toca al hilo vertical, se encuentra exactamente en el plano del meridiano. Léese en seguida sobre el limbo el arco que mide el ángulo formado por el rayo vertical y el rayo visual; este ángulo es la distancia al zenit, complemento de la altura meridiana.

Propongámonos ahora determinar el ángulo comprendido entre el meridiano y el plano vertical en que se encuentra el astro que se observa; este ángulo se llama *azimut del astro*, y es oriental ú occidental. Su medicion puede obtenerse apuntando con exactitud la hora de su paso por el meridiano y por el plano vertical en que se le observa; el tiempo trascurrido entre ambos pa-

sos da entónces el valor de aquel, teniendo presente que cada hora de tiempo equivale á quince grados. Este método se usa con bastante frecuencia por su mucha sencillez.

La distancia del zenit y azimut de un astro, que son los elementos necesarios para fijar su posición, pueden encontrarse tambien por medio de un instrumento que se llama *círculo entero*, compuesto de dos círculos graduados, uno de los cuales es horizontal y tiene trazada la meridiana, y el otro provisto de un anteojo de micrómetro es perpendicular al precedente y puede moverse en derredor de la vertical que por su centro le atraviesa. En el momento en que se quiere observar el astro, se le coloca en el centro de los hilos, teniendo antes cuidado de poner en su plano vertical el círculo de que hablamos últimamente. Entónces está indicando la altura del astro sobre el horizonte y su distancia al zenit, que es su complemento, al paso que el círculo horizontal ó azimutal señala el azimut en el momento de la observacion.

Las distancias al zenit y los azimuts forman, según se ve, un sistema de ángulos con cuyo auxilio es fácil determinar la posición de los astros de un modo rigoroso. Pero este método ofrece un inconveniente, por cuya razon ha sido casi enteramente desechado: este consiste en que variando los zenits y azimuts cada vez que cambia de horizonte y de meridiano el observador, no se tiene así ningún punto fijo á que se puedan referir todas las observaciones, y las diferentes posiciones no presentan puntos de comparacion. Por esto, se ha dado la preferencia al siguiente método llamado de las *ascensiones rectas* y de las *declinaciones*.

Para esto basta conocer el círculo horario del astro y su posición sobre el círculo.

La posición del astro sobre el círculo horario se determina por medio del instrumento que nos ha servido para medir las alturas meridianas. Dedúcese de ellas la distancia al polo y de ésta al ecuador, que es el complemento y que se llama su *declinacion*; lo que hace se llame algunas veces á los círculos horarios *círculo de declinacion*.

La declinacion se cuenta desde cero hasta un ángulo recto; llámasele boreal ó austral, según que el astro está al norte ó al sud del ecuador.

En cuanto á la posición del plano horario, se determina por el ángulo que forma con un plano horario designado. Si el ángulo formado por el encuentro de estos planos está medido por un arco del ecuador, este arco es el que se llama *ascension recta*. Se le determina observando el tiempo que media entre el paso del as-



tro al meridiano y el del plano horario, que se ha escogido para punto de partida. Los astrónomos designan con el signo  $r$ , el punto al partir del cual se cuentan las ascensiones rectas; este punto es aquel en que el sol corta al ecuador cuando sube del trópico austral hácia el norte.

La ascension recta es pues el ángulo que forma el plano horario de una estrella con el meridiano, en el instante en que el punto fijo de Aries  $r$ , punto en que el sol nos parece estar en la primavera, se encuentra en el plano del meridiano. La ascension recta se cuenta siempre de occidente á oriente, y desde cero hasta la circunferencia entera. Este sistema de líneas por medio del cual se determina la posición de los astros, ofrece, como es fácil de ver, mucha analogía con el precedente; pero difiere esencialmente en que siendo tomadas las posiciones de los astros, con referencia á los círculos de la esfera celeste invariablemente fijos, porque, en efecto lo son el ecuador celeste y el meridiano, todos los observadores situados en la superficie de la tierra, pueden referir á ellos en sus observaciones y comparar entre sí los resultados que han obtenido. Conocida la declinacion y la ascension recta se encuentran todas las relaciones de situacion y de distancia sobre la esfera celeste.

Lo que acabamos de decir dará á comprender como se puede obtener un catálogo de estrellas, por medio del anteojó meridional ó de cualquier otro instrumento conveniente. Determinase el instante del paso de una estrella cualquiera que se conoce en el plano del meridiano; nótese exactamente la hora, el segundo, el minuto de su paso partiendo de 0 h. del péndulo. Practícase lo mismo con respecto á las demas estrellas, á medida que llegan al plano del meridiano. Así se conoce la diferencia de sus ascensiones rectas y la altura de cada una de ellas. Adquiridos estos datos, es fácil indicar la posición que deben conservar entre sí, y se poseerá así un mapa celeste sobre el cual podran trazarse todos los diversos grupos de estrellas que forman las constelaciones. Los primeros mapas celestes son muy antiguos. El primero que los construyó fué Hiparco; y como las distancias relativas de las estrellas no han ofrecido cambios sensibles desde las primeras observaciones, pueden emplearse siempre estos mapas para conocer el cielo.

El punto que sirve de origen para las ascensiones rectas sirve tambien para el tiempo sideral; es decir que se cuenta 0 h 0' 0" siderales en el momento del paso al meridiano.

Sácase de aquí que nada es mas fácil que saber la hora del tiempo sideral conociéndose ya la altura del polo en el parage en que se

observa. Basta observar la distancia zenital de una estrella conocida y de calcular su ángulo horario contado por ejemplo desde el meridiano superior, y en el sentido del movimiento diurno de 0 á 360°, añadiendo este ángulo á la ascension recta de la estrella, y desechando las circunferencias enteras si las hay. El resto, convertido en tiempo, expresará la distancia del meridiano al punto del cielo, que se ha tomado por origen, esto es, la hora sideral (Biot, *Astrón Phys*)

## LECCION IV.

## DE LAS ESTRELLAS FIJAS.

Ya hemos dicho que bajo esta denominacion se comprenden todos los cuerpos de la esfera, que parecen conservar siempre sus posiciones relativas, y decimos que *parecen*, porque las observaciones modernas y especialmente las de Herschell, acreditan cambios que tienen lugar en sus relaciones reciprocas, de cuyas observaciones resulta que las estrellas fijas, se hallan tambien sometidas á movimientos, si bien estos muy lentos y casi imperceptibles. Su número, á primera vista, parece inmenso pues se hallan apartadas, confusas, y no pueden contenerse todas en el campo del ojo. Pero es fácil convenserse que el número de las que se pueden ver con la simple vista, es muy limitado y no escede á algunos miles. Basta tomar una porcion de cielo y contar las que contiene: no se pueden ver á la vez mas que unas 500; pero con el auxilio de los anteojos y telescopios, su número se multiplica de un modo indefinido.

Su distribucion en el cielo por grupos ó montones, ha dado la idea de dividir las en constelaciones. Hemos visto ya que en estos sistemas se distinguen entre sí las estrellas por medio de letras y cifras. La voz constelacion quiere decir propiamente reunion de estrellas, y alguna que otra vez suele llamarse tambien *asterismo*. Sin duda que desde el principio de la astronomia, hubo de parecer necesario distribuir en grupos y montones el gran número de estrellas que pueblan los cielos, á fin de poderlas encontrar fácilmente y seguir sus movimientos con mayor atencion, estudiándolas individualmente y á cada una de por sí. De esta manera se hacia con el cielo lo mismo que con la tierra, es decir, que se abrian caminos ciertos é invariables al través de las estrellas para viajar con la vista; se las dividia tambien en especie de naciones y de provincias y hasta se les ponian nombres, por último, como acá abajo; pero la arbitrariedad con que se han im-



tro al meridiano y el del plano horario, que se ha escogido para punto de partida. Los astrónomos designan con el signo  $r$ , el punto al partir del cual se cuentan las ascensiones rectas; este punto es aquel en que el sol corta al ecuador cuando sube del trópico austral hácia el norte.

La ascension recta es pues el ángulo que forma el plano horario de una estrella con el meridiano, en el instante en que el punto fijo de Aries  $r$ , punto en que el sol nos parece estar en la primavera, se encuentra en el plano del meridiano. La ascension recta se cuenta siempre de occidente á oriente, y desde cero hasta la circunferencia entera. Este sistema de líneas por medio del cual se determina la posición de los astros, ofrece, como es fácil de ver, mucha analogía con el precedente; pero difiere esencialmente en que siendo tomadas las posiciones de los astros, con referencia á los círculos de la esfera celeste invariablemente fijos, porque, en efecto lo son el ecuador celeste y el meridiano, todos los observadores situados en la superficie de la tierra, pueden referir á ellos en sus observaciones y comparar entre sí los resultados que han obtenido. Conocida la declinacion y la ascension recta se encuentran todas las relaciones de situacion y de distancia sobre la esfera celeste.

Lo que acabamos de decir dará á comprender como se puede obtener un catálogo de estrellas, por medio del anteojito meridional ó de cualquier otro instrumento conveniente. Determinase el instante del paso de una estrella cualquiera que se conoce en el plano del meridiano; nótese exactamente la hora, el segundo, el minuto de su paso partiendo de 0 h. del péndulo. Practícase lo mismo con respecto á las demas estrellas, á medida que llegan al plano del meridiano. Así se conoce la diferencia de sus ascensiones rectas y la altura de cada una de ellas. Adquiridos estos datos, es fácil indicar la posición que deben conservar entre sí, y se poseerá así un mapa celeste sobre el cual podran trazarse todos los diversos grupos de estrellas que forman las constelaciones. Los primeros mapas celestes son muy antiguos. El primero que los construyó fué Hiparco; y como las distancias relativas de las estrellas no han ofrecido cambios sensibles desde las primeras observaciones, pueden emplearse siempre estos mapas para conocer el cielo.

El punto que sirve de origen para las ascensiones rectas sirve tambien para el tiempo sideral; es decir que se cuenta 0 h 0' 0" siderales en el momento del paso al meridiano.

Sácase de aquí que nada es mas fácil que saber la hora del tiempo sideral conociéndose ya la altura del polo en el parage en que se

observa. Basta observar la distancia zenital de una estrella conocida y de calcular su ángulo horario contado por ejemplo desde el meridiano superior, y en el sentido del movimiento diurno de 0 á 360°, añadiendo este ángulo á la ascension recta de la estrella, y desechando las circunferencias enteras si las hay. El resto, convertido en tiempo, expresará la distancia del meridiano al punto del cielo, que se ha tomado por origen, esto es, la hora sideral (Biot, *Astrón Phys*)

## LECCION IV.

## DE LAS ESTRELLAS FIJAS.

Ya hemos dicho que bajo esta denominacion se comprenden todos los cuerpos de la esfera, que parecen conservar siempre sus posiciones relativas, y decimos que *parecen*, porque las observaciones modernas y especialmente las de Herschell, acreditan cambios que tienen lugar en sus relaciones reciprocas, de cuyas observaciones resulta que las estrellas fijas, se hallan tambien sometidas á movimientos, si bien estos muy lentos y casi imperceptibles. Su número, á primera vista, parece inmenso pues se hallan apartadas, confusas, y no pueden contenerse todas en el campo del ojo. Pero es fácil convenserse que el número de las que se pueden ver con la simple vista, es muy limitado y no escede á algunos miles. Basta tomar una porcion de cielo y contar las que contiene: no se pueden ver á la vez mas que unas 500; pero con el auxilio de los anteojos y telescopios, su número se multiplica de un modo indefinido.

Su distribucion en el cielo por grupos ó montones, ha dado la idea de dividir las en constelaciones. Hemos visto ya que en estos sistemas se distinguen entre sí las estrellas por medio de letras y cifras. La voz constelacion quiere decir propiamente reunion de estrellas, y alguna que otra vez suele llamarse tambien *asterismo*. Sin duda que desde el principio de la astronomia, hubo de parecer necesario distribuir en grupos y montones el gran número de estrellas que pueblan los cielos, á fin de poderlas encontrar fácilmente y seguir sus movimientos con mayor atencion, estudiándolas individualmente y á cada una de por sí. De esta manera se hacia con el cielo lo mismo que con la tierra, es decir, que se abrian caminos ciertos é invariables al través de las estrellas para viajar con la vista; se las dividia tambien en especie de naciones y de provincias y hasta se les ponian nombres, por último, como acá abajo; pero la arbitrariedad con que se han im-



puesto estos nombres, cuya mayor parte es una expresión científica de los símbolos y misterios de una secta muerta para nosotros, no contribuye poco á sembrar la oscuridad y la confusión en el estudio de los globos y cartas celestes, que aparecen llenos de serpientes y de figuras de hombres y animales, que nada representan y cuyo menor inconveniente es sobrecargar la memoria de una porción de palabras huecas y vacías de sentido. Todas las figuras de hombres, animales, aves, peces, instrumentos y demás utensilios bajo que se representan las constelaciones, no tienen ninguna analogía con sus formas particulares, excepto unas pocas como v. g. las llamadas *triángulo boreal* y *triángulo austral*. Mejor sería indudablemente referir todas las constelaciones á regiones fijas, naturales y determinadas de los espacios celestes con quienes guardasen siempre una misma posición relativa, tales como el zodiaco y la vía láctea, clasificándolas en el orden de las distancias de estas dos zonas: designándolas luego con las letras de los diferentes alfabetos, se tendría una nomenclatura mil veces más preferible y análoga al mismo tiempo á la adoptada para las estrellas en particular. Estas suelen tener asimismo sus particulares nombres, y bien se echa de ver que sería imposible dar uno especial á cada una de ellas, por cuyo motivo se señalan con letras ó con números ordinales: estos podrían exclusivamente aplicarse á las estrellas, y aquellas á las constelaciones. Hiparco nos ha transmitido una tabla general de las constelaciones, que se consideraban en su tiempo; su número asciende á 48, á saber: 12 en el zodiaco, 21 en el norte y 15 en el mediodía. Hoy día, este número se ha aumentado considerablemente.

La tabla siguiente encierra las constelaciones y el número de estrellas comprendidas en cada una de ellas.

## CONSTELACIONES BOREALES DE LOS ANTIGUOS.

La Osa menor.....	22
La Osa mayor.....	87
El Dragon.....	85
Cefeo.....	58
El Boyero.....	70
La Corona.....	33
Hércules.....	128
La Lira.....	21
El Cisne.....	85
Casiopea.....	60
Perseo.....	60

El Cochero.....	56
Ofiuco ó Serpentario.....	65
La Serpiente.....	67
El Aguila ó el Milano volador.....	26
El Delfin.....	19
El Caballo chico.....	10
Pegaso ó el caballo grande.....	91
Antinoo.....	27
Andrómeda.....	27
El Triángulo Boreal.....	15
Los Caballos de Berenice.....	43

## CONSTELACIONES BOREALES DE LOS MODERNOS.

El Leon menor.....	55
Los Lebreles.....	38
El Sextante de Hevelio.....	54
El ramo de Cerbero.....	13
El Toro real.....	100
Poniatow-ki.....	10
El Zorro y la Oca.....	35
El Lagarto mariano.....	12
El Triángulo menor.....	4
La Mosca ó Flor de Lis.....	5
El Rengifero.....	12
Messier.....	7
La Girafa.....	69
El Lince.....	45

## CONSTELACIONES ZODIACALES.

Aries.....	42
Tauro.....	207
Géminis.....	64
Cáncer.....	85
Leo.....	93
Virgo.....	117
Libra.....	66
Escorpion.....	60
Sagitario.....	83
Capricornio.....	64
Acuario.....	117
Piscis.....	116



Bien se echa de ver que tienen los mismos nombres que los signos del zodiaco.

## CONSTELACIONES AUSTRALES DE LOS ANTIGUOS.

La Ballena	102
El Eridano.	85
Orion.	90
La Liebre	20
El Perro menor	17
El Perro mayor	54
El Buque ó Navío.	117
La Hidra ó hembra.	52
La Copa ó vaso.	13
El Cuervo	10
El Centauro	48
El Lobo.	24
El Altar.	8
La Corona Austral.	12
El Pez Austral.	32

## CONSTELACIONES AUSTRALES DE LOS MODERNOS.

El Hornillo químico.	39
La Retícula rombóidea.	7
El Butil del Grabador.	15
La Dorada.	6
El Reloj ó Péndulo.	24
La Regla y la Escuadra.	15
El Compás.	2
El Triángulo austral.	5
La Paloma.	2
El Caballote del pintor.	4
El Unicornio de Hevelio.	51
La Brújula.	14
La Máquina Pneumática.	22
El Solitario.	22
La Cruz austral.	6
La Mosca y la Abeja.	4
El Camaleón.	7
El Pez volador.	6
El Telescopio.	8
El Ave del paraiso.	4

La Montaña de la Tabla.	6
El Escudo de Sobieski.	16
El Ave indiana.	4
El Pavo real.	11
El Octante.	7
El Microscopio.	8
La Grulla.	12
El Tucan	11
La Hidra macho.	8
El Taller del Escultor.	28
El Fénix.	17

Kepler ha hecho una observacion muy ingeniosa sobre las magnitudes y distancias de las estrellas fijas. Observó que solo hay tres puntos en la superficie de una esfera que estén tan distantes entre sí como del centro, y suponiendo que las estrellas fijas mas cercanas se hallen entre sí tan distantes, como del sol, deduce la consecuencia de que en rigor no hay mas que trece estrellas de primera magnitud. A doble distancia del sol, puede haber número cuádruplo de estrellas y así sucesivamente. Este modo de calcular nos da, con poca diferencia, el número de las estrellas de primera, segunda y tercera magnitud.

Cuando se distinguen bien las estrellas en un tiempo despejado, véncen en muchas partes de la esfera celeste varias manchas blanquecinas que esparcen una luz escasa. Mirándolas con un instrumento de gran alcance, se descubre en ellas una multitud de estrellas pequeñas muy próximas unas á otras, y la luz que desprenden es la que produce las manchas observadas. La *via lactea*, esa ancha zona que se extiende por la concavidad celeste, no es mas que una serie de estrellas de la especie llamadas *nebulosas*. Herschell que las ha observado con un telescopio de mucho alcance, habla de ellas en estos términos: "Estas nebulosas están dispuestas por capas de bastante longitud, y yo he seguido algunas lo bastante para reconocer su forma y direccion. Es probable que envuelven enteramente á la esfera estrellada, como la *via láctea*, que seguramente no es mas que una capa de estas estrellas; y como esta inmensa banda estrellada no es luminosa en igual grado en todas sus partes, y no sigue una línea recta, sino que se tuerce y aun se divide en muchas zonas, podemos sospechar con bastante fundamento que hay mucha variedad en las capas de estos montones de estrellas y nebulosas, una de estas bandas tiene tal abundancia de estrellas, que en una de sus partes, que solo estuve observando treinta y seis minutos, des-



cubrí treinta y una nebulosas, visibles todas distintamente en un hermoso cielo azul. Su posición, volumen y resplandor ofrece una variedad inaudita. En otra capa, que es quizás una rama diferente de la primera, he visto muchas nebulosas dobles y triples de diversos colores; una parecía hallarse rodeada de una multitud de pequeños cuerpos á manera de satélites; otra tenía su luz nebulosa mucho mas estendida; otras de la forma de un abanico se asemejaban á una garzota eléctrica desprendida de un punto luminoso; otras, en fin, arrojaban una luz escasa que parecían recibir de las otras estrallas. Es probable que la gran capa llamada *via lactea*, sea aquella en que está situado el sol; aunque tal vez no ocupe precisamente el centro de ella. Así lo sospechamos por nuestra parte, porque parece que circunda á todo el cielo; así debe de suceder, si es que el astro está dentro de ella; porque supongamos cierto número de estrellas dispuestas entre dos planos paralelos prolongados indefinidamente por todas partes, pero á una distancia dada de consideracion uno de otro, y llamemos á esto una capa sideral: un observador que estuviese colocado en este lugar, veria todas las estrellas en la direccion de los planos de estas capas proyectadas en un círculo máximo, que parecía iluminado por la acumulacion de las estrellas, al paso que el resto del cielo parecería tener á cada lado constelaciones mas ó menos desparramadas, segun la distancia de estos planos ó en el número de estrellas contenidas en la profundidad ó lados de esta capa.

“Ahora podemos ya inferir cual es el lugar que ocupa nuestro pequeño planeta en este vasto universo. Tomemos una estrella de este inmenso sistema, y comparémosla con la innumerable muchedumbre de las demas; y á fin de juzgar mejor, examinemos á todas primeramente con la simple vista. Las estrellas de primera magnitud, que son probablemente las mas próximas á nosotros, nos darán el primer grado de nuestra escala; esta es la razon porqué si tomamos v. g. por unidad la distancia de Sirio ó Arcturo, podemos suponer que las de segunda magnitud están á distancia doble, las de tercera á distancia triple y así sucesivamente. Si se admite que una estrella de sétima magnitud se halla cerca de siete veces mas distante de nosotros que las de primera, un observador colocado en el centro de una esfera circundada de estrellas, no distinguirá con la simple vista sus partes mas remotas, porque una vez que segun nuestros cálculos la vista no puede alcanzar mas que á siete veces la distancia de Sirio no puede prometerse extenderla hasta los límites de estos montones de estrellas, cuya profundidad es tal vez de cincuenta de

estos astros en derredor de él. Su universo no comprenderá mas que las constelaciones y las estrellas de todas magnitudes que las acompañan, ó si la noche está despejada y sin nubes, podrá distinguir ademas las principales estrellas de las nebulosas. Pero proveámosle de un telescopio y desde luego empezará á sospechar que la luz de la via láctea, se debe á la acumulacion de las estrellas; aumentemos mas todavía la esfera de actividad de su vision y adquirirá la certidumbre de que está llena de una cantidad innumerable de estrellas sumamente pequeñas, y que las nebulosas no son mas que montones de estos cuerpos celestes.”

Observa Herschell que en la parte mas llena de la via láctea hay campos de vista comprendidos en algunos minutos de grados que contienen hasta 588 estrellas: que en un cuarto de hora ha visto pasar 116,000 por el campo de su telescopio que no tenía mas que 15' de abertura, y en fin que otra vez vió pasar 258,000 en cuarenta y un minutos. Cada nueva perfeccion de sus telescopios le ha hecho descubrir nuevas estrellas, y parece que su número no tiene mas límites que la extension del universo.

Nuestro sol no es probablemente mas que una estrella fija, supuesto que trasportado á la distancia á menos de la cual no pueden encontrarse las estrellas, segun demostraremos dentro de poco, tendria enteramente la misma apariencia. ¿Qué debemos inferir de aquí sino que las estrellas que lucen con su propia luz, porque sus distancias son inconmensurables, pueden compararse al sol en magnitud y resplandor, que deben estar tan apartadas entre sí como lo están de nosotros, y que la analogía nos induce á creer que á la manera de nuestro sol comunican la luz y el calor á sistemas planetarios que gravitan en derredor de ellas?

Herschell piensa que nuestro sol tiene, como la mayor parte de las estrellas, un movimiento progresivo directo hácia la constelacion de Hércules, en que envuelve á todo nuestro sistema planetario. Observa que los movimientos aparentes de 44 estrellas entre 56 que ha estudiado, siguen poco mas ó menos la direccion producida por un movimiento real de esta especie en el sistema solar, y que las brillantes estrellas de Sirio y Arcturo, que son probablemente las mas cercanas á nosotros, tienen los mayores movimientos aparentes segun lo exige esta teoría. La estrella de Cástor, vista con el telescopio, parece formada de dos estrellas de magnitud casi igual, y aunque tienen un movimiento aparente, no se ha podido encontrar en ellas una variacion de distancia respectiva de un solo segundo, lo cual es fácil de comprender si sus movimientos aparentes son debidos al movimiento verdadero del sol.



Una observacion muy particular llama la atencion del astrónomo al reconocer los catálogos de estrellas dejados por los antiguos: algunas de ellas han sufrido alteracion en su brillo mas ó menos notable, y al paso que han aparecido otras que nunca habian sido vistas, existen varias que han desaparecido para hacerse despues nuevamente visibles, y algunas veces para no volver á aparecer nunca. Estos sorprendentes fenómenos se han manifestado en todos tiempos, y he aquí un fragmento interesante de Halley sobre estos cambios extraordinarios. "La primera estrella nueva de Cassiopea no fué vista por Cornelio Gemma el dia 8 de noviembre de 1572. Cuenta que el tiempo estaba sossegado y estrellado el cielo, y que sin embargo no la vió, pero á la noche siguiente apareció con un brillo superior al de las estrellas fijas, pues resplandecía casi tanto como Venus. Tico Brahe no la vió hasta el 11 del mismo mes, y desde entónces fué disminuyendo gradualmente hasta que desapareció en 1574 despues de 16 meses de aparicion, sin que despues se haya vuelto á presentar jamás. Su lugar en la esfera de las estrellas fijas determinadas por las observaciones de dicho astrónomo estaba señalando por  $9^{\circ} 17'$  de ascencion recta, y  $53^{\circ} 45'$  de declinacion boreal. El 30 de setiembre de 1604 los discípulos de Kepler vieron una que no habia sido vista hasta entónces, y apareció desde luego con un resplandor mayor que el de Júpiter: se fué oscureciendo como la primera y desapareció asimismo en enero de 1605. Estaba situada cerca de la eclíptica hácia la pierna derecha del serpentario, y segun las observaciones de Kepler, tenia  $7s 28^{\circ} 0'$  de ascencion recta, y una declinacion de  $1^{\circ} 56'$ . Estas dos estrellas parecen ser de una especie particular, y no se han vuelto á ver otras semejantes. Pero entre dichas dos apariciones, es decir, en 1596, David Fabrisio observó otra en la Ballena que era tan brillante como una estrella de tercera magnitud; despues se ha reconocido que la intensidad de su luz tenia alteraciones periódicas. No aparece siempre con igual resplandor, pero nunca se ha apagado del todo, y puede ser vista constantemente por medio de un telescopio. Esta era la única en su especie hasta que fué descubierta otra en el cuello del cisne, la cual tiene una ascencion recta de  $1^{\circ} 40'$  con  $15^{\circ} 57'$  de declinacion. Guillermo Jansonio descubrió en 1600 otra nueva estrella variable en el pecho del Cisne. La tal no pasaba de la tercera magnitud, al cabo de algunos años se volvió tan pequeña, que se creyó habia desaparecido enteramente, pero se presentó de nuevo en 1657, 1658 y 1659: siguió amortiguando paulatinamente, y en breve no fué mas que de quinta y sesta magnitud. Tenia  $9s 18^{\circ} 38'$  de

ascencion recta y  $55^{\circ} 29'$  de declinacion boreal. El 15 de Julio de 1670 descubrió Hevelio una que parecia de sexta magnitud, pero que apenas se veia con la simple vista á principios de octubre. Por abril del año siguiente se tornó á poner resplandeciente y desapareció del todo á mediados de agosto. Por marzo del año posterior, hizo una nueva aparicion, pero ya como estrella de sexta magnitud, y desde entónces acá no ha vuelto á presentarse de nuevo. Su lugar era de  $9s 3^{\circ} 17'$  de ascencion recta,  $47^{\circ} 28'$  de declinacion boreal. La sexta y última es la descubierta por G. Kirche en 1686; su período es de 404 dias y medio, y aunque rara vez pasa de la clase de quinta magnitud, es muy regular en su vuelta, como se ha visto en 1704. Aparecióse de nuevo el 15 de junio de 1715, siendo una de las primeras estrellas telescópicas, y fué creciendo hasta agosto en que se hizo visible á la simple vista, y así continuó hasta setiembre. Entónces empezó á disminuir poco á poco, y el 8 de diciembre apenas era ya visible sobre el telescopio. Su período es de cerca de seis meses, y el momento de su mayor resplandor cae hácia el 10 de setiembre.

Se han dividido en dos clases las estrellas que los astrónomos del último siglo sospechaban que eran variables. En la primera están comprendidas aquellas que lo son verdaderamente, y en la segunda las que solo se presume que lo sean. Las primeras son en número de doce desde la primera á la cuarta magnitud, incluyendo la que apareció en Cassiopea en 1572 y la que se presentó por 1604 en el Serpentario. Las segundas ascienden á 30 y son de primera á sétima magnitud.

Se han formado mil conjeturas á fin de explicar estas alteraciones tan sorprendentes. Newton opinaba que la viveza pasagera de su luz, debia atribuirse á un aumento de combustible ocasionado en ellas por la caída de algun cometa. Este sistema de Newton, que quiere que los cometas estén destinados á alimentar la combustion de las estrellas como si fueran troncos que se echan en una chimenea, está en muy poca armonía con los medios de que hace uso la naturaleza, y el modo palpable de verificarse la combustion en los cuerpos celestes, que solo puede atribuirse á agentes eléctricos. Maupertuis supone que las estrellas están dotadas de un movimiento tan rápido de rotacion, que la fuerza centrífuga ha acabado por darles la figura de un esferoide achatados en tales términos que tiene la forma de un plano circular semejante á una piedra de molino; de manera que deben parecerse, muy fulgorosas cuando nos presentan la faz de su disco, al paso que deben ser nada ó muy poco visibles cuando su borde ó



canto está vuelto hácia nosotros. Otros han creído que estas alteraciones eran ocasionadas por manchas oscuras esparcidas en la superficie de las estrellas, ó bien que estos cuerpos giran en órbitas tan espaciosas, que no son visibles como los cometas mas que cuando están en los puntos mas cercanos á nosotros. Lo mas probable sobre las estrellas periódicas, es que tienen una faz oscura.

A una observacion dan lugar estas reflexiones. Ya hemos dicho que nuestro sol era una estrella. ¿Habrà sufrido alguna vez alteraciones análogas? Y si ha pasado por algunas de estas grandes vicisitudes, ¿qué consecuencias han debido resultar de semejante accidente? Estas consideraciones merecen fijar tal vez la atencion de los geólogos que aspiran á indagar las causas de las espantosas catástrofes de que existen huellas por todas partes en nuestro globo.

Para terminar esta leccion falta que como, si es posible, nos formemos una idea de la distancia que nos separa de las estrellas fijas. Antes de ocuparnos de este problema, expongámos unas nociones necesarias.

El ángulo que subtende un objeto, varía en razon inversa de la distancia de este objeto al ojo del observador. Esta es una proposicion de las mas elementales de la geometría. Por otra parte la trigonometría dá á conocer las relaciones que existen entre las dimensiones de un objeto, su distancia y el ángulo que subtende: así es que un objeto que subtende un ángulo de  $1^\circ$  está á una distancia igual á 57,38 veces sus dimensiones; si el ángulo es de  $1'$  es igual á 3438 veces sus dimensiones y á 206,00 si el ángulo subtendido es de  $1''$ .

Supuesto esto, es fácil concebir que si, conocido el diámetro de la tierra, se supiera el ángulo que subtende, visto desde las estrellas, se tendria de consiguiente la distancia de éstas. Este ángulo es lo que se llama *paralage*. Para encontrarle se sigue un método análogo á aquel que se usa para medir la distancia de los objetos terrestres entre sí. Consiste este en elegir una base de magnitud conocida, y medir los ángulos que forman en sus extremos los ángulos visuales que parten del objeto cuya distancia se trata de determinar. Medidos estos ángulos se sustrae su suma de  $180^\circ$ , y el resto dá el ángulo buscado en virtud de esta proposicion tan fecunda de la geometría, que los tres ángulos de un triangulo valen juntos dos ángulos rectos.

Pero cuando se procede de esta manera y se toma por base el radio ó diámetro terrestre, el paralage que resulta es insignificante, respecto de las estrellas, lo que quiere decir que el diá-

metro de la tierra es una cantidad de todo punto imperceptible comparada con la distancia que nos separa de aquellos astros.

Una vez que 3,000 leguas no son nada en comparacion de la distancia de las estrellas, ¿á qué término de comparacion acudirémos para medir ésta? A uno que tal vez será suficiente, al diámetro mayor de la órbita terrestre que tiene 70 000.000 de leguas. Este es el que se llama gran *paralage* ó *paralage anual*.

Hook y Bradley observaron, con el auxilio del sector del zenit, en los equinoccios de primavera y otoño, el paso de la estrella del Dragon sobre el telescopio perpendicular, creyendo que el diámetro de la órbita terrestre haria un ángulo ó paralage con él. Sus esperanzas no se cumplieron, pues el ángulo no era apreciable. Y no obstante, si el paralage anual de las estrellas fuera solamente de un segundo, estarían entónces á mas de 3.000.000.000 de leguas de nosotros, y podriamos medir sus volúmenes. ¿Qué espectáculo tan propio para hacernos concebir la inmensidad del espacio, especialmente si se atiende á que estos millares de estrellas que se sobreponen á nuestra vista conservan entre sí esa distancia inconmensurable?

Para formarnos una idea de la prodigiosa distancia á que se encuentran las estrellas fijas, observaremos que la verdadera medida del espacio, la escala ideal de lo infinito, es la luz combinada con el tiempo. Efectivamente el fluido luminoso que, como es sabido, recorre en un segundo la asombrosa cantidad de 70.000 leguas es la sola unidad de medida que pueda darnos idea, sabiendo el tiempo que tarda en llegar á nosotros de los cuerpos celestes, de la inconmensurable lejanía de estos últimos, lejanía que en vano tratará de comprender nuestra imaginacion haciendo uso de nuestros piés, varas ó leguas, cantidades todas de poca consideracion.

Ahora bien, Herschell, que asegura haber observado estrellas que eran, segun sus cálculos, de 1342<sup>a</sup> magnitud, es decir, estrellas cuya importancia es 1342 veces menor que el de las de primeras, calcula que su luz ha debido tardar mas de dos millones de años en llegar á nuestro planeta. Considérese ahora la velocidad de la luz, que hemos visto es de 70.000 leguas por segundo, ó sea de 4.200.000 leguas por minuto, y quedaremos confundidos al contemplar los trillones de trillones de leguas á que están de nosotros las estrellas de 1342<sup>a</sup> magnitud. Hay mas toda vía: tardando su luz dos millones de años en llegar á la tierra, es evidente que no podriamos ver dichas estrellas, hasta pasado todo este tiempo despues de la creacion, y que si, por una causa cualquiera llegasen repentinamente á apagarse, aún estarían brillan-



do para nosotros durante veinte mil siglos. ¡Cuántas revoluciones habia experimentado nuestro globo en todo este tránsito de tiempo!

## LECCION V.

## DISTANCIA DE LOS PLANETAS.

Por grande que sea el alcance del instrumento de que se haga uso, no ha sido nunca posible conseguir que abultase el diámetro aparente de las estrellas fijas, pues siempre aparecen como un punto indivisible. Los planetas presentan al contrario un disco cuyo diámetro crece con el alcance del instrumento de que se echa mano. Basta ya esta diferencia para convenserlos de que estan mucho mas cerca de nosotros, y el micrómetro nos prueba que esta distancia varia, atestiguándonos alteraciones en sus dimensiones aparentes.

La luna, que estas observaciones indicaba debia estar muy poco remota de la tierra, fué, desde muy luego sometida á los cálculos de la geometría. MM. Lacaille y Lalande marcharon uno á Berlin y otro al cabo de Buena-Esperanza para determinar su paralage; ya hemos visto que éste es el ángulo formado por dos rayos visuales procedentes de un astro y que van á terminar en los dos extremos del radio terrestre. Encontraron pues que este ángulo era de  $1^\circ$  lo que dá por distancia media de la luna á la tierra cerca de sesenta radios terrestres, lo que equivale á 80,000 leguas. El diámetro de la luna es, á corta diferencia la cuarta parte del de la tierra, y su volúmen sobre la quincuagésima parte del de la última.

El error que puede existir en el cálculo de la distancia por este método puede ser de medio segundo por cada uno de los ángulos medidos en Berlin y en el cabo y de consiguiente dió de un segundo por resultado, ó lo que es lo mismo, de la 3600<sup>a</sup> parte de su distancia que hemos dicho es de 80,000 leguas. Este error puede existir siempre en dicho método, porque no puede averiguarse un ángulo con menos de un segundo por diferencia.

El paralage del sol es de  $8' 6''$ , con la diferencia de menos de  $\frac{1}{10}$  de segundo, y su distancia media es de 34.000.000 leguas. Su diámetro comparado al de la tierra es como 1 á 111, y su volúmen en la proporción de 1 á 1.300.000.

El paralage del sol es conocido con la diferencia de menos de un segundo, aproximacion mucho mayor que la que hemos visto

podia obtenerse por el método ordinario, y el cálculo se ha hecho siguiendo otro rumbo que vamos á explicar

Dedúcese este método de los pasos de Vénus sobre el disco del sol. Sea S el sol, AB el radio terrestre *vv* el planeta Vénus recorriendo su órbita al rededor del primero. Supongamos ahora que situados dos observadores, uno en A y otro en B, observen y apunten exactamente las diversas fases de la conjuncion: la diferencia de sus resultados dará el tiempo que Vénus tarda en recorrer el arco del círculo *vv*, arco que dará la medida del paralage del sol. Esta explicacion que con tanta sencillez presentamos aquí, se complica mucho con los movimientos de la tierra y otros particulares que es menester necesariamente tener en cuenta para conseguir un resultado exento de todo error. Las distancias y volúmenes de los demas planetas se han determinado tambien de una manera análoga, cuyos resultados los daremos todos al tratar de cada uno de estos astros en particular, despues de habernos ocupado del sol. Sin embargo manifestaremos aquí las singulares relaciones numéricas que existen recíprocamente entre las distancias de los planetas. Si se toman los números siguientes, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, y en seguida se añade 4 á cada uno de ellos, los números que resulten expresarán el orden de las distancias de los planetas al sol de esta manera.

0	3	6	12
4	7	10	16
Mercurio.	Venus.	Tierra.	Marte.
24	48	96	192
28	52	100	196
Ceres.	Júpiter.	Saturno.	Urano.

En virtud de estas relaciones. Kepler que veia una laguna entre 28 y 52 se atrevió á predecir el descubrimiento de los nuevos planetas, y esta sospecha fué la que guió á los astrónomos que se dedicaron á su investigacion.

## DEL SOL.

Ya hemos visto que el Sol es un globo 1.300.000 veces mayor que la tierra, y que su distancia de esta es 34.000.000 de leguas.

Ya hemos dicho, refiriéndonos á la autoridad de Herschell, que este astro es impelido juntamente con todos los planetas de su sistema, hácia la constelacion de Hércules; además, halláse animado de un movimiento de rotacion sobre sí mismo que ejecuta



en veinte y cinco dias. Esta última asercion se prueba por la rotacion de las manchas que presenta su superficie. y de que hablaremos al tratar de su constitucion física. La manera de moverse estas manchas y los varios aspectos que toman segun se presentan, ora oblicuas, ora de frente, no dejan duda de que son inherentes á la superficie del sol, y de que éste es un cuerpo esférico. No hablamos del movimiento que parece ejecuta en el plano de la eclíptica, porque mas tarde veremos que este es un resultado de traslacion de la tierra á los diversos puntos de su órbita.

#### CONSTITUCION FISICA DEL SOL.

Hemos dicho que el sol presentaba manchas en su superficie: unas son oscuras, otras luminosas, y á estas últimas se ha dado el nombre genérico de *fáculas*. Su forma es sumamente irregular, su duracion muy variable, y comunmente están rodeadas de una penumbra, encontrándose casi siempre comprendidas en una zona cuya extension varia al norte y mediodia del ecuador solar.

Varias son las hipótesis emitidas para explicar estas manchas. Algunos han pensado que el sol, del cual se desprende continuamente gran cantidad de luz y calor, es un cuerpo en combustion, y que las manchas oscuras son escorias que llegan á sobrenadar en su superficie. Las fáculas al contrario, provienen, segun esta misma hipótesis de las erupciones volcánicas de esta masa en fusion. El mayor inconveniente de esta opinion es la de no poder ser suficiente para explicar los fenómenos, y así no ha obtenido la aprobacion de los astrónomos. La opinion hoy admitida considera al sol como compuesto de un núcleo sólido y oscuro rodeado de dos atmósferas, una oscura y otra luminosa. Mediante esta hipótesis, la aparicion de las manchas se explican por los sesgos ocasionados en las atmósferas, y que dejan ver el núcleo del sol. La penumbra es la extremidad de la atmósfera oscura, menos sesgada ciertamente que la atmósfera luminosa, y que se percibe al derredor de la avertura, por la que se deja ver el núcleo.

Por singular que esta opinion parezca, tiene la ventaja de explicar perfectamente todos los fenómenos, y adquiere muchos grados de probabilidad, si se considera que la materia candente del sol, no puede ser ni un sólido, ni un líquido, sino necesariamente un gas.

En efecto, los rayos luminosos desprendidos de una esfera sólida ó líquida en candencia, gozan de las propiedades de la polarizacion, al paso que no gozan de esta propiedad los que se

desprenden de los gases candentes. La aplicacion de este principio á los experimentos hechos con el sol, ha conducido á las consecuencias expuestas.

Estos experimentos se hacen por medio de un instrumento muy ingenioso, cuya construccion se funda en las propiedades de la luz polarizada.

Redúcese á un anteojo provisto de un pedazo de cristal que produce en su foco dos imágenes iluminadas cuando se mira al sol. Un mecanismo muy sencillo permite acercar ó alejar una á otra ambas imágenes y aun superponerlas en todo ó en parte. Este instrumento sirve para reconocer que la luz de las orillas del sol estan intensa, como la del centro, porque si se superponen las dos imágenes del sol, de manera que la orilla de la una coincida con el centro de la otra, habrá en los puntos de coincidencia una luz enteramente blanca. Resulta de lo expuesto: 1<sup>o</sup> que las orillas del sol tienen una luz tan intensa como el centro; 2<sup>o</sup> que los colores de las dos imágenes producidas por el anteojo son complementarios entre sí.

Pero de que la luz de las orillas del sol sea tan intensa como la del centro, resulta ademas otra consecuencia, y es que el sol no tiene atmósfera mas allá de la materia luminosa, porque si así no fuera la luz de las orillas vendria con menos fuerza á nosotros, por tener que atravesar una capa mayor.

¿Cual es la naturaleza de la luz que el sol nos comunica? Esta cuestion ha tenido, por mucho tiempo, divididos á los físicos, Unos, apoyados en la autoridad de Newton, sostenian que el sol tiene la propiedad de arrojar, como todos los cuerpos luminosos, y con una celeridad prodigiosa, partículas muy sutiles de su sustancia: este es el sistema de la *emision*. Otros pensaban, por el contrario, que el fenómeno de la luz es producido por las vibraciones de un fluido llamado *eter*, esparcido en toda la naturaleza, y puesto en movimiento por la presencia de los cuerpos luminosos: este es el sistema de las *vibraciones* ú *ondulaciones*, sistema que hoy en su favor reúne las opiniones de todos, porque no se comprende como podria un cuerpo emitir continuamente parte de sus moléculas sin perder nada de su volumen ni resplandor.

Pero la falta mayor del sistema de la emision es que no satisface á todas las condiciones, al paso que logra este objeto mucho mas el otro, especialmente desde que los últimos descubrimientos han hecho ver que existe la relacion mas íntima entre la causa que produce los fenómenos eléctricos, y lo que da nacimiento á la luz.

M. Pouillet ha intentado determinar cual puede ser la tempe



ratura de los rayos luminosos, y esta es la experiencia que ha puesto en práctica para este objeto. Figurémonos, dice, una esfera congelada, perforada exteriormente por un orificio que permita penetrar hasta el centro, un termómetro, el cual se mantendría á 0 grados supongamos ahora que se hagan llegar, hasta el termómetro, rayos luminosos: este se calentará y subirá cierta cantidad. Ahora bien, si se conoce la distancia del termómetro al cuerpo luminoso, la relación de la abertura porque han penetrado los rayos de luz con toda la circunferencia de la esfera, y la cantidad que ha subido el termómetro, se podrá calcular la cantidad de calor enviado por el cuerpo candente.

Este mismo físico encontró, por este medio, que colocado su termómetro en las condiciones dadas, no subía mas de 7 grados y medio, y no bajaba de 6, lo que dió 1,200°, por la temperatura media de los rayos solares.

Por último, se ha querido saber si los rayos luminosos, cuya celeridad es tal, que, según demostraremos, es de 70,000 leguas por segundo, tenían una fuerza impulsiva sensible. Pero no ha sido posible traslucir nada de esto en el paso de los rayos solares, á pesar de lo delicado de los experimentos.

#### DE LA LUNA.

Según hemos ya visto, la luna no tiene mas que la quincuagésima parte del volumen de la tierra, y su distancia es solo de 80,000 leguas, de manera que con un instrumento que agrande ó acerque mil veces los objetos se la distingue como si fuese observada con la simple vista, á sola la distancia de 80 leguas.

Los movimientos de la luna son muy complicados y por mucho tiempo han dado que hacer á los astrónomos. Muévase este astro en una elipse, uno de cuyos focos ocupa la tierra, y que describe en 29 días, 12 horas, 44' 2". Así la tierra la arrastra en su movimiento al derredor del sol, y mientras que nuestro globo tarda un año en verificar su revolución al derredor del sol, la luna recorre la suya trece veces y media. Al mismo tiempo que ejecuta su revolución tiene un movimiento de rotación sobre su eje cabalmente en el mismo tiempo, y esta es la razón porque nos presenta siempre el mismo lado.

De la combinación de estos diversos movimientos nacen las fases, esto es, los diferentes aspectos con que vemos á este astro en los varios períodos de su curso. Sea S el sol, y T la tierra; y examinemos cual será la apariencia de la luna. Cuando se halle en conjunción con el sol, presentará á la tierra su mitad no

iluminada, y parecerá oscura tal como se la ve en *a*. Llegada que sea á B, después de haber recorrido la octava parte de su órbita después de su conjunción presentará á la tierra su cuarta parte iluminada, y se verá como está en *b*. En C. habrá recorrido la cuarta parte de su órbita, y mostrará su mitad iluminada como *c*. En D estará luminosa mas de su mitad como en *d*, y en E se mostrará completamente iluminada como está en *e*. Desde E empezará su declinación, y presentará los mismos fenómenos, si bien en un sentido inverso, como lo indica la figura cuyo círculo interior hace ver á la luna según se presenta á un espectador colocado en el sol, y el círculo exterior como se ve en la tierra.

Estas son las diversas fases que recobra la luna en el espacio de 29 días y medio. Cuando está llena, esto es, cuando presenta á la tierra su faz luminosa, se dice que se halla en *oposición* con el sol; cuando es nueva, esto es, cuando presenta su faz oscura, y es invisible por consiguiente, se dice que se halla en *conjunción*. Estas dos posiciones se llaman *sizigias*, y entónces es cuando tienen lugar los eclipses de la luna y del sol, según después veremos. Por fin la luna está en su primero y último cuarto cuando nos hace ver su mitad iluminada, y estas posiciones han recibido el nombre de *cuadraturas*, así como se llaman *octantes* los puntos intermedios entre las cuadraturas y las sizigias.

El movimiento de la luna es mucho mas rápido que el del sol. En efecto, este no avanza mas que un grado por día, al paso que la velocidad de la luna es sobre trece veces mas rápida, por lo que su vuelta al meridiano se retarda cada día 48' 46". A la diferencia de rapidez de estos movimientos es á lo que se debe la vuelta de la conjunción después de 29 días y medio.

El plano de la órbita de la luna está inclinado sobre la eclíptica en una cantidad media de 5° 8' 49"; los puntos de intersección de estos planos se llaman *nudos*; uno *ascendente* cuando la luna se eleva al polo boreal, y otro *descendente* cuando desciende hácia el polo austral.

Un hecho incontestable y fundado en la mas exacta observación prueba que los nudos de la luna se mueven hácia el occidente, y recorren así la eclíptica en sentido contrario del movimiento aparente del sol, ó en el sentido del movimiento diurno de oriente á occidente. Cada año han recorrido cerca de 19° y  $\frac{1}{3}$ , lo que hace 1° cada 19 días, ó 1° 28' por mes lunar periódico, ó en fin, una revolución completa del cielo cada diez y ocho años y medio; mas exactamente: los nudos retroceden 19° 3286 por año, y recorren la eclíptica en 6788 días



5.4019. De este modo se encuentra que el tiempo de la *revolucion sinódica del nudo* es de 346 días 61.963, esto es, que despues de este intervalo del tiempo se halla el sol en el nudo de la luna. Como el sol se mueve en sentido contrario del nudo, se junta algun tiempo antes que este astro haya dado al cielo la vuelta entera, y por este motivo esta duracion es menor que la del año.

Ya hemos dicho que, ejecutándose el movimiento de rotacion de la luna en el mismo espacio de tiempo que su movimiento de revolucion, debia siempre presentarnos la misma cara, y esto es lo que efectivamente sucede. No obstante, observan los astrónomos, por la observacion de las manchas que unas veces, nos muestra mas y otras menos de uno y otro lado como si se balanceara con suavidad. Esto es lo que se llama la *libracion*, expresion que pinta muy bien las apariencias observadas, pero que no debe tomarse en un sentido positivo, pues esta aparente oscilacion es el resultado de una ilusion óptica.

En efecto, el movimiento de la luna en su órbita varía segun se acerca ó aleja de la tierra, al paso que siempre es uniforme su movimiento de rotacion. De aquí resulta que en los momentos de aceleracion enseña al oriente algunas partes de su superficie que no se veian al principio, al paso que desaparecen los puntos correspondientes de occidente: en la retardacion tiene lugar el fenómeno inverso. Esto es lo que se llama la *libracion en longitud*.

La *libracion en latitud* procede de que el eje de rotacion de la luna está inclinado sobre su órbita y de que este eje conserva su paralelismo de aquí se sigue que la luna vuelve hácia nosotros alternativamente cada uno de sus polos y deja ver así las manchas que en su superficie se encuentran.

Por último la *libracion diurna de la luna* consiste en que volviendo la luna constantemente un mismo hemisferio hácia el centro de la tierra, el observador no hallándose situado en este mismo centro, distingue, cuando el astro está en el horizonte, algunas partes mas de un lado y menos las partes correspondiente del opuesto.

#### CONSTITUCION FISICA DE LA LUNA.

El fenómeno de las faces nos ha probado que la luna no es como el sol, por sí misma luminosa, sino que es un cuerpo opaco que refleja la luz del sol. Por lo que hace á la escasa claridad que se distingue en la parte de su disco no iluminado procede de los rayos luminosos que le lanza la tierra, y ha recibido el nombre de *luz cenicienta*.

Cuando se observa, con la simple vista, el disco de la luna, se notan en él una porcion de irregularidades. Pero cuando se dirige hácia este astro un telescopio de grande alcance, se distingue en la parte que no está aún iluminada por el sol, y en los primeros tiempos de su curso, una gran cantidad de puntos luminosos que van creciendo á medida que los rayos del sol llegan mas directamente sobre la faz que ocupan. Detras de los puntos luminosos se proyecta una sombra espesa y que gira de manera que se encuentra siempre en oposicion con el sol. Estos puntos brillantes son las cimbras de altas montañas que reciben los rayos del sol antes que las partes mas bajas, y los puntos oscuros en que va á refugiarse la sombra son concavidades y valles que parecen casi todos de la misma forma que los cráteres de los volcanes. La geografía ha dado medios de medir la altura de estas montañas, las cuales son mucho mas elevadas con respecto al globo de la luna, que las de la tierra, si bien no son tan altas como los picos del Himalaya. La sombra que proyectan habia ya permitido medir su altura así como la profundidad de los valles. Estas asperezas son las que causan tambien los dentellones que algunas veces aparecen en las orillas del disco á causa de iluminar el sol su cúspide antes de llegar á sus bases.

La luna no tiene atmósfera, á lo menos si una tiene, es tan tenue que no se diferencia del vacío lo bastante para causar la refraccion sensible de los rayos luminosos. Así lo demuestran las sumersiones de las estrellas; estas, en efecto, permanecen invisibles precisamente el tiempo que deben estarlo, lo que no sucederia así si la luna tuviese una atmósfera, que refractase los rayos que de estos astros nos vienen.

Como el eje de la luna es casi perpendicular á su eclíptica, el sol no sale nunca sensiblemente de su ecuador, de lo que se sigue que la luna no tiene variedad de estaciones. Pero como no gira sobre su eje mas que una sola vez durante su movimiento de revolucion, cada uno de sus dias y cada una de sus noches, son 15 veces veinticuatro de nuestras horas, y lo singular en esto es que una de estas mitades está iluminada por la tierra durante la ausencia del sol y no tiene noche, mientras que la otra tiene una de 15 dias.

Lagrange ha procurado explicar por qué son *isócronos* ó de igual tiempo el movimiento de rotacion y el movimiento de revolucion de la luna. Para esto ha supuesto extendiendo la misma suposicion á los demas satélites, que la faz de la luna, vuelta hácia nosotros, es muy aplanada en comparacion de la otra, y que el exceso de su peso es lo que hace siempre propender hácia



la tierra por obedecer á la atraccion que esta última ejerce.

La tierra debe aparecer á los habitantes de la luna trece veces mayor que lo que la luna nos parece á nosotros. Debe presentarles tambien fases muy regulares segun lo indica la Fig. 8; y siempre invisible para la mitad de la luna, es vista constantemente por la parte media de la otra mitad.

Mientras que la tierra gira sobre su eje, muy variado debe ser el aspecto que á la luna presenta. Los mares, los continentes, los bosques y las islas deben aparecer como otras tantas manchas de diferente magnitud y resplandor, y la atmósfera con sus nubes debe causar en esas tintas notables modificaciones.

Ya hemos dicho que el sol se mantiene constantemente en el ecuador de la luna, de lo que resulta que los habitantes de este satélite no deben los mismos medios que nosotros para calcular el tiempo, pues nosotros medimos el año por la vuelta de los equinoccios y en la luna los dias son siempre iguales. Fuera de esto podrian mediarlo observando nuestros polos que ven perfectamente, uno de los cuales empieza á estar iluminado desapareciendo el otro á cada vuelta de nuestros equinoccios.

Se han indagado las propiedades de los rayos luminosos procedentes de la luna, pero no ha sido posible descubrir en esta luz ni propiedades caloríficas, ni propiedades químicas por medio de las mas delicadas experiencias. En efecto, concentrada dicha luz en el foco de los mas anchos espejos, no produce ningun efecto de calor sensible. Para hacer este experimento se ha tomado un tubo recorbado cuyos extremos terminan en dos bolas llenas de agua, una diáfana, y la otra teñida de negro, estando ocupada la parte media por un líquido de color. Cuando en este instrumento hay absorcion de calor, la bola negra absorbe mas que la otra, y creciendo la elasticidad del aire que contiene empieza á salirse el líquido. Tan delicado es este instrumento que dá á conocer hasta la milésima parte de un grado, y sin embargo, ningun resultado, en el experimento citado, tiende á establecer que la luz emitida por la luna posee propiedades caloríficas sensibles. Tambien se ha experimentado que carecian los rayos de este astro de propiedades químicas, porque habiéndose expuesto á su accion el cloruro de plata, sustancia que fácilmente ennegrece bajo la influencia de los rayos solares, tampoco se ha obtenido resultado alguno.

A pesar de esto, la credulidad ha atribuido á la luz de la luna gran influencia sobre los productos de la agricultura, y aún en el dia, goza la luna roja, entre los campesinos, de una fama de mal agüero. Dicese que ella es la que hiela los retoños aún tiernos,

y que influye aciagamente en toda la vegetacion, pero fácil es disculpar á la luna de semejantes daños en los que no tiene culpa alguna. Porque en efecto ¿qué es la luna roja? Es la que empieza en abril y acaba en mayo, es decir, en la estacion del año, en que la temperatura no es muchas veces mas que de 4, 5 ó 6 grados sobre cero. Ahora bien, es cosa sabida que las plantas pierden, durante la noche, por via de difusion, parte del calórico que por de dia han recibido, y la experiencia prueba que esta pérdida puede ser hasta de 7 ó 8 grados, cuando el tiempo está sereno, y no hay nubes que neutralizen esta difusion, porque las nubes difunden su calórico hácia la tierra, y hacen además el oficio de pantallas, que detienen el calórico é impiden que vaya á las regiones mas elevadas de la atmósfera. La temperatura de las plantas que solo era de 4 ó 5 grados durante el dia podrá, pues, bajar así por un efecto de la difusion á muchos grados bajo cero y entónces se helarán naturalmente. Pero como esta gran difusion no puede tener lugar sin estar despejado el cielo y por consiguiente cuando se ve á la luna, atribúyese á la influencia de este astro lo que no es mas que un efecto regular de las variaciones de la atmósfera. Y como si todo hubiese de concurrir á mantener este error, le encontraremos confirmado por el buen éxito de las precauciones que se creen tomar contra la luna, y que realmente se toman contra efectos de la difusion calórica. Así, para libertar á los retoños tiernos, en el caso en que hablamos de los rayos de la luna roja, los jardineros los cubren de paja ú otra cosa análoga, que formando una pantalla, impiden como las nubes que tenga efecto la difusion, y preservan de este modo á las plantas de las heladas.

No es de nuestros tiempos el atribuir á la luna una influencia funesta. Los antiguos la consideraban ya bajo un punto de vista análogo, y Plutarco pretende que su luz hace entrar en putrefacciones las sustancias animales. Es mucha verdad que si se ponen dos pedazos de carne en un sitio descubierto, uno de los cuales esté expuesto á los rayos de la luna, y el otro resguardado con una pantalla ó tapadizo, el primero se verá antes atacado de la putrefaccion pero tanto en este caso como en el anterior, se atribuye á la luna un efecto que no procede de ella, y sus rayos en nada influyen. Si el pedazo de carne descubierto entra en putrefaccion antes que el otro, es porque habiéndose enfriado mas por la difusion del calórico, se ha llenado de mas humedad, y el agua es un principio de disolucion para las sustancias animales pues sabido es que se secan para conservarlas.

Otro error no menos antiguo y universal es atribuir á las fa-



ses de la luna y á su tránsito por los diversos cuartos una influencia en las variaciones atmosféricas y en las mudanzas del tiempo, error popular que se encuentra en los autores mas antiguos y que carece de fundamento. En efecto, no solo no se comprende la acción por la que la luna podría producir tales resultados, sino que las mas exactas observaciones hechas en una grande escala desmienten esta observación. Los cambios del tiempo no son mas frecuentes en los pasos de la luna de uno y á otro cuarto que en cualquiera otra época y si alguna diferencia se observa, imperceptible á la verdad es respecto de los obtantes de la misma.

¿Cuál puede ser la causa de un error por tanto tiempo sancionado? Probablemente es la falta de observaciones imparciales la involuntaria propensión del espíritu humano á no tener en cuenta mas que los hechos favorables á las opiniones que se ha formado de antemano sin hacer caso de los que la contradicen. Así, cuando llega á mudar el tiempo al paso de un cuarto de luna, llama al momento la atención esta coincidencia, se le observa con cuidado, y se deja pasar en blanco otros veinte cambios de cuartos que no van acompañados de variación atmosférica.

En defensa del error que aquí impugnamos se ha citado la autoridad de Teofrasto, cuya autoridad, sea dicho de paso, no es de gran peso en cuanto á ciencias. ¿Que es, en efecto, lo que dice Teofrasto? que la luna llena ocasiona buen tiempo, la luna nueva el malo, y que cambia el tiempo á cada cuarto. Pero si reina el mal tiempo durante la luna nueva, se pondrá bueno en el segundo cuarto y malo de consiguiente en la luna, lo cual contradice lo que avanza el mismo Teofrasto.

Un sábio moderno que ha compuesto un libro dirigido á defender las preocupaciones vulgares, ha querido sostener esta apoyándose en consideraciones científicas, si bien erróneamente. Y si ha deducido el resultado que buscaba, ha sido porque no podía menos de suceder así, por haber hecho sus observaciones en un número de dias mas ó menos grande, segun la necesidad que tenia de mas ó menos variaciones atmosféricas.

Por último se ha querido saber si los aerolitos podían ser procedentes de la luna, y en apoyo de esto se han citado, entre otras consideraciones, las observaciones que tienden á probar que este astro tiene muchos volcanes. Fuera de esto, es muy cierto que una vez admitida la existencia de estos volcanes, podrían éstos arrojar piedras con la fuerza necesaria para que estas pudiesen salir fuera de la atracción de la luna. Se ha cal-

culado que para esto bastaría una velocidad cinco veces y media mayor que la de una bala de cañon, y nuestros volcanes han arrojado algunas veces rocas que han debido salir de la boca del cráter, con una celeridad mayor para que pudiesen recorrer la distancia á que han ido á caer. Vamos ahora á dar cuenta de las diversas hipótesis que se han imaginado para explicar este sorprendente fenómeno.

Mas ántes manifestemos las circunstancias generales relativas á las piedras meteóricas que ha hecho conocer la observación y cuya explicación deben dar dichas hipótesis para que sean admisibles, los aerolitos proceden generalmente de un meteoro igneo de la clase de los llamados *bólidos* ó *globos de fuego*. Todos ellos se componen de los mismos principios químicos y en iguales proporciones poco mas ó menos. Se encuentra en ellos mucho sílice, hierro, magnesia, azufre, nickel, manganeso, y cromo. En Alais de Languedot han caído algunos que ademas tenían una pequeña cantidad de carbon pero tal vez la contuvieron tambien los caídos en otras partes y la perderian al atravesar la atmósfera pues el calor que experimentan las piedras en dicho tránsito es suficiente para hacer evaporar gran parte de los principios volátiles que pueden entrar en su composición primitiva. Debe hacerse una observación importante, y es que el hierro y el nickel se encuentran en ellos en estado metálico, lo que no sucede en ninguna de las agregaciones minerales que se encuentran en la superficie de la tierra. Tambien es cierto que estas piedras no se encuentran naturales en ningun parte de la superficie del globo. Todas las conocidas hasta ahora han caído de los aires.

Tales son los hechos que se han propuesto para explicar los diferentes sistemas que pueden reducirse á las tres hipótesis siguientes:

1º Se ha supuesto primeramente que los aerólitos eran, como la lluvia y el granizo, verdaderos meteoros que se formaban en la atmósfera por vía de agregación.

2º Chladni ha creído que eran fragmentos de planetas, ó aun pequeños planetas, que circulando por el espacio, entraban en la atmósfera terrestre, y perdiendo gradualmente su celeridad por la resistencia del aire, venian por último á caer sobre la superficie de la tierra.

3º Por último el autor de la mecánica celeste ha observado que los aerolitos podían tambien proceder de las erupciones de algun volcan lunar que los arrojase á una distancia de la luna bastante grande para que llegasen á ser un satélite nuevo, digá-



moslo así, de la tierra, si bien en razon de su poca masa, sujeto á grandes perturbaciones. Si despues de haber circulado por mas ó menos tiempo por el espacio, llegase este pequeño cuerpo á entrar en el rádio de la esfera celeste, debe perder su celeridad y acabar por caer como en el segundo caso.

La primera de estas tres hipótesis, que parece á la vista la mas sencilla y natural, es no obstante la mas inverosímil y apenas merece ser refutada.

En efecto para que los aerolitos pudieran formarse por agregacion en la atmósfera, seria menester que en ellos se encontrasen sus elementos constitutivos.

Si se forman en el aire el agua y el granizo, es porque siempre hay en el aire vapores acueos, y que basta el frio para condensarlos. Pero el análisis mas exacto no descubre en la atmósfera ninguno de los elementos constituyentes de las piedras meteóricas. No solo no se encuentran en ella ni el azufre, ni el manganeso, ni el sílice, ni el nickel, ni el hierro, sino que no hay tampoco ninguna prueba de que el oxígeno y el azoe, principios constituyentes del aire atmosférico puedan disolver tales sustancias. Pero, podrán refutarlos, todas estas análisis se han efectuado con el aire de la superficie de la tierra, ¿quién sabe si en las regiones mas elevadas de la atmósfera habrá gases capaces de mantener en disolucion los metales y tierras de que están formados los aerolitos? A esto se responde que se ha tomado aire atmosférico, en las mayores alturas á que ha podido llegar el hombre, y se ha encontrado que su composicion era absolutamente la misma que la del aire de la superficie; resultado fácil de prever, supuesto que es una ley general de la estática de los gases, que se extiendan con el tiempo por todo el espacio que tienen abierto, y que cuando hay varios superpuestos de diferente peso y naturaleza acaban por confundirse hasta formar un compuesto enteramente homogéneo. Si existieran pues, en las altas regiones de la atmósfera gases capaces de mantener en disolucion materias terrestres y metálicas, encontraríamos necesariamente algunos en la superficie de la tierra, y como nada de esto sucede, concluyamos que esta objecion carece de fundamento.

Hay varios otros argumentos que destruyen esta hipótesis. Aun cuando se admitiese que los principios constituyentes de los aerolitos existen realmente en la atmósfera en todas las alturas, y que si nos los demuestra el análisis es porque se hallan en muy corta cantidad, seria menester, aun explicar como con elementos tan ténues, diseminados, podrian verificarse los desprendimientos repentinos de aerolitos que muchas veces son piedras de mu-

chos quintales, segun se conservan en Ensisheim en Alsacia, ó una lluvia de 3 á 4,000 piedras de diferentes tamaños. tales como los desprendidos y arrojados por el meteoro de Laigle. Habria tambien necesidad de explicar la causa que reuniria los glóbulos sueltos para formar con ellos una sola masa. Seguramente no es la afinidad, porque los elementos que componen los aerolitos no se encuentran combinados con ellos, sino simplemente aglomerados y unidos por agregacion solamente. Y sin embargo, si no estuvieran sometidos á la accion de ninguna fuerza, estos pequeños glóbulos deberian caer aisladamente á medida que se forman. En vano se haria la objecion de que pueden estar sostenidos mas ó menos tiempo por una causa análoga, á la que, segun la opinion ingeniosa de Volta, balancea los carámbanos entre dos nubes, dándole así tiempo para aumentar de volúmen por la sucesiva adición de nuevas capas de hielo. Siempre es cierto que nunca se ha visto que el volúmen de aquellos creciera de muchos quintales, no obstante de que el agua que forma los elementos del granizo abunda mucho mas en el aire que lo que se suponen abundan los elementos que forman los aerolitos. Ademas, segun la opinion de Volta, la suspension de los carámbanos en la atmósfera se atribuye á la accion recíproca de las nubes eléctricas. causa que no puede entenderse igualmente á la formacion de los aerolitos, supuesto que los meteoros en que vienen se presentan alguna vez en el tiempo mas sosegado. Por último, si los aerolitos se formasen en la atmósfera como la lluvia y el granizo, obedecerian como la lluvia y el granizo á la ley de la pesadez, y caerian en línea recta sobre la tierra, ó, á lo menos, sin otra declinacion que la que le comunicasen los vientos, lo cual no sucede, pues los aerolitos llevan al caer una celeridad muy grande de traslacion horizontal y comparable algunas veces á la que hace mover á la tierra en su órbita, circunstancia que sola bastaria para excluir completamente la posibilidad de la formacion de las piedras meteóricas en la atmósfera, aun cuando á ello no nos condujeran las consideraciones químicas expuestas.

La segunda hipótesis formada sobre el origen de estas masas es mucho mas verosímil. Se han descubierto últimamente planetas tan pequeños que no se puede menos de admitir como posible la existencia de otros mas pequeños todavía, y tales que pudieran dar lugar á los fenómenos que nos ocupan. Al entrar estos pequeños planetas en la atmósfera de la tierra, van segun estas hipótesis, perdiendo poco á poco su movimiento propio y acaban por caer en su superficie; pero no puede esto efectuarse sin una notable presion del aire que encuentra delante el móvil, la cual



puede ser bastante para separar una tal cantidad de calor, que se caliente mucho la masa meteórica, é inflamen y calienten mucho los principios volátiles que contiene. Esta hipótesis explica, pues, perfectamente todas las circunstancias de la caída de las piedras meteóricas, mas está muy léjos de explicar de la misma manera su identidad de composición, ó cuando menos no podría hacerlo sino suponiendo que todos los planetas bastante pequeños, para dar origen á los aerolitos, son absolutamente de la misma naturaleza, y están compuestos de los mismos elementos, y en las mismas proporciones, cuya suposición la desmiente la observación de la tierra, y extendida á los demás cuerpos es sumamente inverosímil, si se tiene en cuenta la universalidad de su naturaleza.

Al contrario, la última hipótesis favorece notablemente la explicación de esta identidad de composición química; pues si se admite que estas piedras proceden de un volcan de la luna, basta suponer que estos volcanes lunarios solos pueden despedir tales materias, ó bien que estas pertenecen á uno de ellos que solo tiene bastante fuerza para volverlos satélites de la tierra, y este grado de fuerza que ha evaluado el cálculo es, como hemos visto, muy poco considerable, pues la luna no se halla rodeada de una atmósfera resistente. No obstante ya lo hemos dicho, si las observaciones tienden á probar la existencia de volcanes en la luna, de ningun modo la aseguran. Fuera de esto, si se admite el fenómeno, su explicación queda reducida á un efecto mecánico de rigor. Puélese efectivamente imaginar, entre la tierra y la luna, cierto lugar que limite las partes del espacio en que es mayor la atracción de cada uno de estos cuerpos. Este límite deberá hallarse mas cerca de la luna que de la tierra, pues es mucho menor la masa de la luna. Una vez que la piedra lanzada por el volcan lunario llegue mas allá de este límite, lo que puede tener lugar en una multitud de direcciones, no admite duda que se vuelve un satélite de la tierra, si bien un satélite que experimenta perturbaciones enormes á causa de la pequeñez de su masa comparada con la de la tierra, de la luna y del sol, cuerpos por los que se halla atraído. Y sí, á consecuencia de estas perturbaciones, llega una vez á internarse en la atmósfera terrestre, la resistencia de esta atmósfera pronto destruirá su velocidad propia, y acabará por caer en la superficie de la tierra como en el caso precedente.

Resulta de lo expuesto que de todas las hipótesis, la más verosímil es la que hace proceder los aerolitos de los volcanes de la luna, y, al mismo tiempo, la sola que hasta la actualidad sa-

tisfaga todos los fenómenos observados; pero, lo repetimos, no pasa de una hipótesis, y aun queda por demostrar la existencia de los volcanes lunarios.

## LECCION VI.

## DE LOS PLANETAS.

## MERCURIO.

De todos los planetas, Mercurio es el mas cercano al sol. Véase, despues de puesto este astro hácia la parte occidental del firmamento, bajo la forma de un disco muy pequeño, si bien muy brillante, que, difícil de notar á causa de la luz crepúscula se vuelve cada vez mas visible, á medida que se aleja, hasta que en fin, llegado á cierta distancia, parece permanecer algun tiempo inmóvil. Esta primera parte de su carrera es directa como la de las estrellas. Mas no tarda á volver sobre sí mismo y desaparecer completamente.

Pronto despues, vuelve á mostrarse por la mañana, en el oriente, algo ántes de salir el sol, y se aleja cada vez mas, hasta un punto en que vuelve á quedar estacionario, para volver despues á sumergirse en los rayos del sol, y volver á mostrarse de nuevo despues de puesto este astro.

Procede la corta duracion de su aparición de lo cercano que se halla al sol, del cual solo parece apartarse de  $16^{\circ}$  á  $29^{\circ}$ : la distancia que le separa de este astro es de 13,361,000 leguas. Su diámetro aparente es de  $7''$ , poco mas ó menos y su diámetro real, á corta diferencia, los  $\frac{2}{3}$  del de la tierra. Vuélvese sobre su eje en  $24^{\text{h}} 5' 3''$ , y gasta  $87^{\text{d}} 23^{\text{h}} 25' 44''$  en recorrer su órbita, con una velocidad de 40,000 leguas por hora. Esta órbita, que siempre se halla contenida en la de la tierra forma una elipse muy escéntrica, muy inclinada al plano del ecuador del planeta, y que forma con el plano de la eclíptica un ángulo de cerca de  $7^{\circ}$ .

Cuando Mercurio, en su movimiento retrógrado, se sumerge en los rayos del sol, sucede, á veces, que, bajo la forma de una pequeña mancha negra, se le ve recorriendo el disco de este astro. Y no cabe duda que es el planeta que nos ocupa, pues suyos son el diámetro, el movimiento y la posición. Conócese este fenómeno bajo el nombre de pasos de Mercurio. No solo podemos observar en todas sus revoluciones, á causa de la inclinación de su órbita en el plano de la eclíptica, y solo podemos



puede ser bastante para separar una tal cantidad de calor, que se caliente mucho la masa meteórica, é inflamen y calienten mucho los principios volátiles que contiene. Esta hipótesis explica, pues, perfectamente todas las circunstancias de la caída de las piedras meteóricas, mas está muy léjos de explicar de la misma manera su identidad de composición, ó cuando menos no podría hacerlo sino suponiendo que todos los planetas bastante pequeños, para dar origen á los aerolitos, son absolutamente de la misma naturaleza, y están compuestos de los mismos elementos, y en las mismas proporciones, cuya suposición la desmiente la observación de la tierra, y extendida á los demás cuerpos es sumamente inverosímil, si se tiene en cuenta la universalidad de su naturaleza.

Al contrario, la última hipótesis favorece notablemente la explicación de esta identidad de composición química; pues si se admite que estas piedras proceden de un volcan de la luna, basta suponer que estos volcanes lunarios solos pueden despedir tales materias, ó bien que estas pertenecen á uno de ellos que solo tiene bastante fuerza para volverlos satélites de la tierra, y este grado de fuerza que ha evaluado el cálculo es, como hemos visto, muy poco considerable, pues la luna no se halla rodeada de una atmósfera resistente. No obstante ya lo hemos dicho, si las observaciones tienden á probar la existencia de volcanes en la luna, de ningun modo la aseguran. Fuera de esto, si se admite el fenómeno, su explicación queda reducida á un efecto mecánico de rigor. Puélese efectivamente imaginar, entre la tierra y la luna, cierto lugar que limite las partes del espacio en que es mayor la atracción de cada uno de estos cuerpos. Este límite deberá hallarse mas cerca de la luna que de la tierra, pues es mucho menor la masa de la luna. Una vez que la piedra lanzada por el volcan lunario llegue mas allá de este límite, lo que puede tener lugar en una multitud de direcciones, no admite duda que se vuelve un satélite de la tierra, si bien un satélite que experimenta perturbaciones enormes á causa de la pequeñez de su masa comparada con la de la tierra, de la luna y del sol, cuerpos por los que se halla atraído. Y sí, á consecuencia de estas perturbaciones, llega una vez á internarse en la atmósfera terrestre, la resistencia de esta atmósfera pronto destruirá su velocidad propia, y acabará por caer en la superficie de la tierra como en el caso precedente.

Resulta de lo expuesto que de todas las hipótesis, la más verosímil es la que hace proceder los aerolitos de los volcanes de la luna, y, al mismo tiempo, la sola que hasta la actualidad sa-

tisfaga todos los fenómenos observados; pero, lo repetimos, no pasa de una hipótesis, y aun queda por demostrar la existencia de los volcanes lunarios.

## LECCION VI.

## DE LOS PLANETAS.

## MERCURIO.

De todos los planetas, Mercurio es el mas cercano al sol. Véase, despues de puesto este astro hácia la parte occidental del firmamento, bajo la forma de un disco muy pequeño, si bien muy brillante, que, difícil de notar á causa de la luz crepúscula se vuelve cada vez mas visible, á medida que se aleja, hasta que en fin, llegado á cierta distancia, parece permanecer algun tiempo inmóvil. Esta primera parte de su carrera es directa como la de las estrellas. Mas no tarda á volver sobre sí mismo y desaparece completamente.

Pronto despues, vuelve á mostrarse por la mañana, en el oriente, algo ántes de salir el sol, y se aleja cada vez mas, hasta un punto en que vuelve á quedar estacionario, para volver despues á sumergirse en los rayos del sol, y volver á mostrarse de nuevo despues de puesto este astro.

Procede la corta duracion de su aparición de lo cercano que se halla al sol, del cual solo parece apartarse de  $16^{\circ}$  á  $29^{\circ}$ : la distancia que le separa de este astro es de 13,361,000 leguas. Su diámetro aparente es de  $7''$ , poco mas ó menos y su diámetro real, á corta diferencia, los  $\frac{2}{3}$  del de la tierra. Vuélvese sobre su eje en  $24^{\text{h}} 5' 3''$ , y gasta  $87^{\text{d}} 23^{\text{h}} 25' 44''$  en recorrer su órbita, con una velocidad de 40,000 leguas por hora. Esta órbita, que siempre se halla contenida en la de la tierra forma una elipse muy escéntrica, muy inclinada al plano del ecuador del planeta, y que forma con el plano de la eclíptica un ángulo de cerca de  $7^{\circ}$ .

Cuando Mercurio, en su movimiento retrógrado, se sumerge en los rayos del sol, sucede, á veces, que, bajo la forma de una pequeña mancha negra, se le ve recorriendo el disco de este astro. Y no cabe duda que es el planeta que nos ocupa, pues suyos son el diámetro, el movimiento y la posición. Conócese este fenómeno bajo el nombre de pasos de Mercurio. No solo podemos observar en todas sus revoluciones, á causa de la inclinación de su órbita en el plano de la eclíptica, y solo podemos



ver al planeta en el disco del sol, cuando se halla en su punto de interseccion con la eclíptica, y cuando la línea que une su centro al del sol pasa igualmente por el centro de la tierra. Pero lo reducido del volúmen de este planeta, su distancia de la tierra, y su proximidad al sol, nos impiden muchas veces presentar sus pasos, que suceden regularmente despues de períodos de 6, 7, 13, 46 y 263 años.

#### CONSTITUCION FISICA DE MERCURIO.

La forma de Mercurio es perfectamente esférica. Como los demás planetas, su luz deriva del sol, como se demuestra por sus pasos en el disco de este astro, pasos durante los cuales aparece bajo la forma de una mancha oscura, y la observacion de las fases que presenta y que se puede seguir, como las de la luna, con un telescopio.

El empleo de este instrumento ha hecho ver que una de las estremidades de su creciente se halla truncada. Por medio de esta truncadura se ha podido determinar la duracion de su movimiento de rotacion, pues su disco no presenta marcha alguna. Procede esta truncadura de las asperezas de que se halla erizada su superficie, y que nos ocultan, en una posicion dada, algunos de los puntos alumbrados por el sol.

Opínase que Mercurio se halla rodeado de una atmósfera sumamente densa. Su movimiento de traslacion en el espacio es mas rápido que el de los demás planetas, porque es el mas cercano del sol. Este astro se divisa desde este planeta tres veces mayor que desde el nuestro, y Newton ha calculado que le envia calor siete veces mayor que el de nuestra zona tórrida. Mas no de esta asercion se deduce que realmente experimenta este planeta tan desmesurada temperatura: aun no nos constan exactamente las causas productivas del calor, para poder deducir esta consecuencia, y bien podria ser que la accion de los rayos luminosos fuese modificada por la naturaleza de los elementos constitutivos de los diferentes planetas, como tambien por la naturaleza y dimensiones de su atmósfera.

#### VENUS.

Vénus es la mas hermosa de todas las estrellas y por este motivo ha recibido el nombre que tiene. Como Mercurio, se muestra unas veces por la mañana, otras por la tarde, llamándose estrella de la mañana ó estrella de la tarde, segun que se muestra

despues de puesto el sol ó antes de su salida. Algunos dias despues de su conjuncion con este astro, se la distingue por la mañana al oeste del sol, bajo la forma de un hermoso creciente cuya convexidad mira hácia aquel astro. Dirígese al oeste y á medida que avanza, su movimiento disminuye de velocidad y su creciente aumenta, hasta que llega en fin á un punto en que se detiene por algun tiempo; entónces forma un semicírculo. Vuelve despues á emprender su marcha hácia el este, con una rapidez gradualmente acelerada hasta que ha alcanzado el sol. Algun tiempo despues, se ve al planeta por la noche, al este de este astro, bajo una forma redonda si bien pequeña; continúa su marcha al este, aumentando en diámetro, si bien perdiendo su redondez, hasta que llega á adquirir la forma de un semicírculo. Por último, se dirige de nuevo hácia el oeste, aumentando siempre en diámetro y dibujando una media luna menguante, y luego acaba por volver á ponerse en conjuncion con el sol.

La distancia de Vénus á la tierra es, como la de Mercurio sumamente variable, segun lo indican las alteraciones aparentes de la magnitud de su diámetro. Su distancia media del sol es de 25,000,000 de leguas; su diámetro aparente varía de 30" á 184". La rotacion sobre su eje la verifica en 23 hs. 21' 19", y la duracion de su revolucion en derredor del sol es de 224 ds. 16 hs. 43'. Su órbita está inclinada 3° 24" sobre la eclíptica, y permanece siempre encerrada en la órbita de la tierra.

Vénus tiene tambien, como Mercurio, sus tránsitos por la órbita del sol, y, como aquel, se dibuja entónces bajo la forma de una mancha. Estos fenómenos son muy raros, y los astrónomos sacan partido de ellos para medir su distancia con exactitud. Ya hemos visto como por medio de estos pasos se ha llegado á medir el paralage del sol con la diferencia de menos de un décimo de segundo.

#### CONSTITUCION FISICA DE VENUS.

Cuando se proyecta este planeta sobre el disco del sol, se dibuja en él bajo la forma de una mancha negra y redonda. Su figura es pues esférica, y su luz, como lo demuestra el fenómeno de sus fases, la recibe del sol.

La duracion de su movimiento de rotacion ha sido determinada, como la de Mercurio, observando las asperezas que tiene en su superficie, y que dan una forma truncada á los cuernos de su media luna interceptando la luz que refleja. Para ello no ha sido menester mas que calcular el intervalo trascurrido entre dos



vueltas del truncamiento observado. Rodea á este planeta una atmósfera, que ya habia descubierto un astrónomo alemán, observando la degradacion de la luz, y es constante que su parte iluminada es mayor de lo que deberia ser, si no fuera por los efectos de la refraccion.

Aunque Vénus es casi tan grande como la tierra, se mueve con mas rapidez porque se halla mas próxima al sol. Este astro se le presenta casi dos veces tan grande como á la tierra. y Mercurio es su estrella de la noche y de la mañana del mismo modo que lo es él para nosotros.

El eje de Vénus tiene una inclinacion sobre su órbita de  $75^\circ$  es decir de  $51^\circ\frac{1}{2}$  mas que el ángulo de la tierra, con la eclíptica. El polo norte de su eje está inclinado hácia el grado 20mo de Acuario, empezando desde el Cáncer de la tierra. Por consiguiente, la region norte de Vénus tiene el verano donde nosotros tenemos el invierno y viceversa. Como la mayor declinacion del sol por cada lado de su ecuador es de  $75^\circ$ , sus trópicos están á  $15^\circ$  de sus polos, y sus círculos polares á igual distancia del ecuador. Vénus tiene, pues, en el ecuador dos veranos y dos inviernos en cada una de sus revoluciones anuales.

Muchas averiguaciones se han hecho para saber si tenian satélites Mercurio y Venus, mas hasta ahora no se han encontrado. Esta propiedad parece ser exclusiva á los planetas superiores.

#### PLANETAS SUPERIORES.

Los dos planetas de que acabamos de hablar, han sido llamados planetas inferiores, porque estan, como hemos dicho ya, menos cercanos del sol que la tierra. Los que vamos á tratar ahora se llaman planetas superiores, porque la tierra está mas cerca del sol que ellos.

#### MARTE.

Este planeta viene inmediatamente despues de nuestro globo, en la proporcion de las distancias del sol. Parece que se mueve del oeste al este al derredor de la tierra, pero su movimiento ofrece muchas irregularidades. Por la mañana, cuando empieza á separarse del sol, su marcha es muy rápida; pero esta rapidez se debilita gradualmente y cesa enteramente á unos  $137^\circ$ . Vuelve á tomar en seguida un movimiento directo que la pone en oposicion con el sol. Su rapidez disminuye de nuevo progresivamente y parece retrogradar hasta que pasa el astro de  $137^\circ$ . En-

tónces el movimiento vuelve á hacerse directo y el planeta va á sumergirse en los rayos del sol.

La distancia media de Marte al sol es de 52,613,900 leguas. Como su distancia á la tierra es muy variable, se manifiesta esta variacion por las dimensiones aparentes de su diámetro, que es algunas veces de  $18^\circ$ , y otras de  $19^\circ$ . La observacion de las manchas que presenta su disco ha demostrado que Marte gira sobre sí mismo en 21 hs. 31' 52", que se mueve en una elipse muy escéntrica y que emplea 686 ds. 23 hs. 50' 42" en recorrer Su eje está iclinado sobre su órbita de  $61^\circ 33'$  y su órbita lo está sobre la eclíptica de  $1^\circ 51' 1''$ ; su diámetro ecuatorial está á su diámetro polar en la proporcion de 15 á 13.

Recorriendo su órbita, sufre Marte muchas variaciones de distancias; aparece ya cerca ya léjos del sol, y algunas veces se eleva cuando este astro se pone, y se pone cuando aquel sale; lo mismo que Mercurio y Vénus ofrece el fenómeno de las faces, sin experimentar. como estos dos planetas, una truncadura de su creciente.

#### CONSTITUCION FISICA DE MARTE.

Observado este planeta con el telescopio, presenta un disco redondo, que no estando nunca sesgado, parece menos erizado de asperezas. Sus fases demuestran que no es luminoso por sí mismo. Se ven en su superficie manchas de colores diversas, por medio de las cuales se ha determinado la duracion de su movimiento de rotacion. La luz que Marte refleja es de un rojo oscuro, apariencia que se atribuye á la admósfera de que está envuelto, y que es tan alta y tan densa, que cuando se acerca á alguna estrella fija, cambia esta de color, se oscurece y desaparece muchas veces, aunque á alguna distancia del cuerpo del planeta.

Ademas de las manchas que han servido para determinar el movimiento de rotacion de Marte, muchos astrónomos han observado que un segmento de su globo hácia el polo sud, tiene un brillo tan superior al del resto del disco, que parece un segmento de un globo mas considerable. Maraldi nos enseña que esta mancha tan brillante ha sido observada sesenta años ha, y que era la mas permanente de todas. Una parte de este planeta es mas brillante que el resto; la mas oscura está sujeta á grandes cambios y desaparece algunas veces. Semejante brillo ha sido observado algunas veces hácia el polo norte. Estas observaciones han sido confirmadas por Herschell que ha examinado al planeta con instrumentos mejores y mas fuertes que los que se ha-



bían empleado hasta entonces. Según este astrónomo la analogía que hay entre Marte y Venus es la mayor que la que presenta el sistema solar. Ambos cuerpos tienen el mismo movimiento diurno. La oblicuidad de su eclíptica no presenta grandes diferencias. De todos los planetas superiores Marte es aquel cuya distancia al sol es mas aproximativa á la de la tierra, y la longitud de su año parece que no difiere en mucho de la nuestra, si se la compara á la estremada duración de los años de Júpiter, Saturno y Herschell. Ya que el globo que habitamos tiene sus regiones polares heladas con sus montañas cubiertas de nieves que solo se funden en parte cuando están alternativamente expuestas á la acción del sol, puede suponerse que las mismas causas producen los mismos efectos sobre Marte; que sus manchas polares resplandecientes se deben á la viva refracción que sufre la luz en esas regiones heladas, y que la disminución de estas manchas, cuando están expuestas á los rayos del sol, es un efecto de la influencia de este astro. La mancha del polo sur era estremadamente grande en 1781, lo cual debia necesariamente acaecer porque este polo salia de una noche de doce meses, y habia estado privado en todo este tiempo del calor del sol; en 1783 era mas pequeña, y disminuyó gradualmente desde el 20 de mayo hasta mediados de setiembre en que pareció quedarse estacionaria. En esta época el polo sur habia gozado de ocho meses de verano, durante los cuales habia experimentado constantemente la influencia de los rayos solares. Es verdad que hácia el fin eran tan oblicuos, que no podian influir bien considerablemente. Por otra parte, el polo norte que de una exposicion de doce meses al sol habia quedado en una profunda oscuridad, parecia poco considerable, aunque no hay duda que habia aumentado de volúmen. En 1783 no era visible, atendida la posición de su eje que no nos permitia ver este polo.

Otra consideracion viene aun á confirmar la hipótesis de que las manchas brillantes de los polos de Marte se deben á la presencia de los hielos y de las nieves; y es que hallándose el eje de este planeta inclinado sobre su órbita de  $61^{\circ}33'$  las variaciones de las estaciones no deben ser muy sensibles, y esta constancia de cada paralelo en conservar la misma temperatura, se mira como favorable para la formacion de los hielos. El sol no dispensa á Marte mas que un tercio de la luz que esparce sobre la tierra; y es muy extraordinario que lo tenga luna ó satélite. Sin embargo, esta circunstancia puede compensarse con la altura y la densidad de su atmósfera que como hemos visto ya son muy considerables.

Estos planetas que se colocan en el sistema solar, entre Marte y Júpiter, se deben á los descubrimientos modernos. Esta circunstancia, junto con su pequeñez, y su lejanía, hace que sean aun muy poco conocidos.

## JUNO.

Este planeta descubierto por Harding el 1<sup>o</sup> de Setiembre de 1803, tiene, según Schroeter, un diámetro de 475 leguas. Emplea cuatro años y 128 dias en efectuar su revolución al alrededor del sol, en una órbita inclinada sobre la eclíptica de  $31^{\circ}05'$ , su distancia al sol es de 92.000.000 leguas poco mas ó menos.

## CERES.

De los cuatro planetas telescópicos, Ceres es el primero, descubierto por Piazzi el 1<sup>o</sup> de Enero de 1801. Su diámetro es de 30 leguas según Herschell y de 375 según Schroeter; pero no se sabe á punto fijo. En el espacio de cuatro años y medio recorre su revolución al alrededor del sol en una órbita cuyo plano forma un ángulo de  $10^{\circ}37'25''$  con el de la eclíptica. Su distancia al sol es de unas 95, 000, 000 leguas. Su apariencia es la de una estrella nebulosa rodeada de nieblas muy variables, lo que ha dado lugar de creer á Herschell que tiene una atmósfera.

## PALAS.

Fué hallada por Olbers el 28 de marzo de 1802. Schroeter la da un diámetro de 700 leguas y Herschell solo de 50. Su órbita estremadamente larga, es la mas inclinada sobre la eclíptica y de unos  $54^{\circ}37'30''$ . Recórrela en el espacio de cuatro años, 7 meses y 11 dias. Su distancia al sol es de 96. 000, 000 leguas: tiene un color blanquizco y poco distinguible aunque se le mire con un instrumento poderoso.

## VESTA.

Vesta fué descubierto por un discípulo de Olbers, el 29 de marzo de 1807. Describe en 3 años, 66 dias y 4 horas, á su órbita que parece muy irregular, y que se inclina sobre la eclíptica de  $7^{\circ}8'$ . Este pequeño planeta es muy poco conocido. Observado por Herschell con un instrumento de un poder su-



mamente amplificativo, no presentó apariencia alguna de disco, pero apareció como un punto brillante. Se le cree á 81, 000, 000 leguas del sol.

Aunque no se saben aun á punto fijo las dimensiones de estos cuatro planetas, puede con todo decirse que son estremadamente pequeños relativamente á los que los rodean, y con respecto á la distancia que los separa del sol. Otra de las anomalías que presentan es que se desvian mucho del zodiaco ó camino de los planetas. Estas consideraciones han hecho emitir una opinion muy aventurada, á saber, que pudiera ser muy bien que estos cuatro planetas no fuesen mas que restos ó cascotes de algun planeta único que habrá existido entre Marte y Júpiter. Esta opinion adquiere sumo grado de probabilidad, si á las consideraciones que preceden se añade que estos planetillas no son redondos, lo cual indica la disminucion momentánea de su luz, cuando presentan sus faces angulares, y ademas que el enlace de sus órbitas, que los hace volver al mismo punto, está conforme con lo que exigirían las leyes de la mecánica en la hipótesis de que se trata. En efecto, segun estas leyes, si un planeta estallase con violencia, cada uno de sus trozos, despues de haber descrito una nueva órbita, volveria á pasar por el punto en que se hubiese operado la explosion.

## LECCION VII.

## JUPITER Y SUS SATELITES.

Júpiter es el mayor de todos los planetas y el mas brillante despues de Vénus. Es 1470 veces mayor que la tierra, y solo á causa de la distancia prodigiosa á que se halla, nos parece tan pequeño. Su movimiento sobre su eje es sumamente rápido, efectuándose en 9 horas 36'. Por lo que hace á su movimiento de revolucion, lo hace en 4,332 dias y algo mas de 12 horas, en una elipse cuyo plano tiene una inclinacion de  $1^{\circ} 46'$  sobre la eclíptica. La distancia á que está Júpiter no permite que se puedan observar todas las faces que tiene indudablemente como todos los demas planetas.

Visto Júpiter con el telescopio, se presenta acompañado de cuatro pequeños cuerpos luminosos, que circulan en derredor, y que se llaman satélites suyos. Distingúeseles entre sí por su posicion, llamándose primero el que está mas próximo, al planeta, y así, por este orden los demas, moviéndose todos en órbitas que casi están en el plano del ecuador.

El 1.º en 1 dia 18 horas	27' 35"
El 2.º en 3 dias 13	13' 42"
El 3.º en 7 dias 3	42' 33"
El 4.º en 16 dias 16	32' 8"

Los tres primeros se mueven en planos muy poco diferentes entre sí; pero el del cuarto está algo mas apartado. Sus órbitas son casi circulares, y solo se ha encontrado alguna escentricidad en la del tercero y cuarto; la de este último es especialmente mas sensible.

Los movimientos de los tres primeros tienen entre sí; singulares relaciones. El movimiento sideral medio del primero, añadido á dos veces el tercero es siempre igual á tres veces el movimiento medio del segundo; y la longitud sideral ó sinódica del primero menos tres veces la del segundo, mas dos veces la del tercero, es siempre igual á dos ángulos rectos.

Examinando atentamente Herschell estos satélites con el telescopio, advirtió que la intensidad de su luz presentaba variaciones periódicas, y calculando las épocas en que están vueltas sus faces hácia nosotros, pudo calcular el tiempo que tardan en hacer su revolucion sobre su eje. Encontró que volvian siempre la misma faz hácia Júpiter, y que daban así una sola vuelta sobre su eje, mientras que recorrian toda su órbita; todo lo cual acredita evidentemente la analogía que tiene con la luna. Maraldi habia ya deducido la misma consecuencia respecto del cuarto satélite, siguiendo las vueltas de una misma mancha observada sobre su disco.

Cuando los satélites de Júpiter llegan á interponerse en virtud de su movimiento de revolucion entre el sol y él, proyectan sobre la sombra iluminada de su disco una sombra que varia segun la distancia y volúmen de cada uno. Entónces se verifica pues un eclipse parcial de este planeta, de lo que se infiere que ni Júpiter, ni sus satélites, son de suyo luminosos.

Cuando por el contrario los conduce su movimiento detras del planeta, se les ve desaparecer progresivamente; estos son los eclipses de los satélites. Los tres primeros se eclipsan en cada revolucion, pero el cuarto tiene una órbita tan inclinada, que en su oposicion de á Júpiter, se pasan dos años por cada seis sin que caiga en su sombra. Por las singulares relaciones de que hemos dado cuenta, se viene en conocimiento de que los tres primeros satélites no pueden eclipsarse á la vez en un gran número de años por lo menos; porque en los eclipses simultáneos del segundo y del tercero, el primero está constantemente en conjuncion con Júpiter y reciprocamente.



mamente amplificativo, no presentó apariencia alguna de disco, pero apareció como un punto brillante. Se le cree á 81, 000, 000 leguas del sol.

Aunque no se saben aun á punto fijo las dimensiones de estos cuatro planetas, puede con todo decirse que son estremadamente pequeños relativamente á los que los rodean, y con respecto á la distancia que los separa del sol. Otra de las anomalías que presentan es que se desvian mucho del zodiaco ó camino de los planetas. Estas consideraciones han hecho emitir una opinion muy aventurada, á saber, que pudiera ser muy bien que estos cuatro planetas no fuesen mas que restos ó cascotes de algun planeta único que habrá existido entre Marte y Júpiter. Esta opinion adquiere sumo grado de probabilidad, si á las consideraciones que preceden se añade que estos planetillas no son redondos, lo cual indica la disminucion momentánea de su luz, cuando presentan sus faces angulares, y ademas que el enlace de sus órbitas, que los hace volver al mismo punto, está conforme con lo que exigirian las leyes de la mecánica en la hipótesis de que se trata. En efecto, segun estas leyes, si un planeta estallase con violencia, cada uno de sus trozos, despues de haber descrito una nueva órbita, volveria á pasar por el punto en que se hubiese operado la explosion.

## LECCION VII.

## JUPITER Y SUS SATELITES.

Júpiter es el mayor de todos los planetas y el mas brillante despues de Vénus. Es 1470 veces mayor que la tierra, y solo á causa de la distancia prodigiosa á que se halla, nos parece tan pequeño. Su movimiento sobre su eje es sumamente rápido, efectuándose en 9 horas 36'. Por lo que hace á su movimiento de revolucion, lo hace en 4,332 dias y algo mas de 12 horas, en una elipse cuyo plano tiene una inclinacion de  $1^{\circ} 46'$  sobre la eclíptica. La distancia á que está Júpiter no permite que se puedan observar todas las faces que tiene indudablemente como todos los demas planetas.

Visto Júpiter con el telescopio, se presenta acompañado de cuatro pequeños cuerpos luminosos, que circulan en derredor, y que se llaman satélites suyos. Distingúeseles entre sí por su posicion, llamándose primero el que está mas próximo, al planeta, y así, por este orden los demas, moviéndose todos en órbitas que casi están en el plano del ecuador.

El 1.º	en 1 dia 18 horas	27' 35"
El 2.º	en 3 dias 13	13' 42"
El 3.º	en 7 dias 3	42' 33"
El 4.º	en 16 dias 16	32' 8"

Los tres primeros se mueven en planos muy poco diferentes entre sí; pero el del cuarto está algo mas apartado. Sus órbitas son casi circulares, y solo se ha encontrado alguna escentricidad en la del tercero y cuarto; la de este último es especialmente mas sensible.

Los movimientos de los tres primeros tienen entre sí; singulares relaciones. El movimiento sideral medio del primero, añadido á dos veces el tercero es siempre igual á tres veces el movimiento medio del segundo; y la longitud sideral ó sinódica del primero menos tres veces la del segundo, mas dos veces la del tercero, es siempre igual á dos ángulos rectos.

Examinando atentamente Herschell estos satélites con el telescopio, advirtió que la intensidad de su luz presentaba variaciones periódicas, y calculando las épocas en que están vueltas sus faces hácia nosotros, pudo calcular el tiempo que tardan en hacer su revolucion sobre su eje. Encontró que volvian siempre la misma faz hácia Júpiter, y que daban así una sola vuelta sobre su eje, mientras que recorrian toda su órbita; todo lo cual acredita evidentemente la analogía que tiene con la luna. Maraldi habia ya deducido la misma consecuencia respecto del cuarto satélite, siguiendo las vueltas de una misma mancha observada sobre su disco.

Cuando los satélites de Júpiter llegan á interponerse en virtud de su movimiento de revolucion entre el sol y él, proyectan sobre la sombra iluminada de su disco una sombra que varia segun la distancia y volúmen de cada uno. Entónces se verifica pues un eclipse parcial de este planeta, de lo que se infiere que ni Júpiter, ni sus satélites, son de suyo luminosos.

Cuando por el contrario los conduce su movimiento detras del planeta, se les ve desaparecer progresivamente; estos son los eclipses de los satélites. Los tres primeros se eclipsan en cada revolucion, pero el cuarto tiene una órbita tan inclinada, que en su oposicion de á Júpiter, se pasan dos años por cada seis sin que caiga en su sombra. Por las singulares relaciones de que hemos dado cuenta, se viene en conocimiento de que los tres primeros satélites no pueden eclipsarse á la vez en un gran número de años por lo menos; porque en los eclipses simultáneos del segundo y del tercero, el primero está constantemente en conjuncion con Júpiter y reciprocamente.



Háse notado que estos eclipses nunca se verificaban de oriente á occidente, sino en el momento de su vuelta de occidente á oriente. De aquí se saca la consecuencia de que los satélites se mueven de occidente á oriente como todos los demas planetas de nuestro sistema.

Estos eclipses de Júpiter han dado el medio de determinar la velocidad de la luz, como despues diremos. Veremos tambien que son muy útiles á los marinos para determinar su longitud.

#### CONSTITUCION FISICA DE JUPITER.

Hemos visto que Júpiter recibe la luz del sol lo mismo que sus satélites. Aunque 1470 veces mas voluminosa que la tierra, su densidad es la cuarta parte de este último planeta, y su figura la de un esferoide achatado hácia los polos. Este aplastamiento, que es de un  $\frac{1}{4}$ , es un efecto de la rapidez de su movimiento de rotacion, segun lo demostramos al tratar de la tierra. Como su eje es perpendicular al plano de su órbita, el sol está casi siempre en el plano de su ecuador, de manera que en este parage es poco menos que insensible la variacion de las estaciones, y las noches son casi siempre iguales á los dias.

El sol debe mostrarse á Júpiter cinco veces mas pequeño que nosotros, y comunicarle una cantidad veinte veces menor de calor y de luz. Pero sus noches son muy cortas y están alumbradas por cuatro brillantes lunas, una de las cuales, al menos, está siempre luciendo.

Quando se observa á Júpiter con un buen telescopio se distinguen una porcion de zonas ó bandas de un color mas oscuro que lo demas de su disco. Generalmente son paralelas al ecuador, que, por decirlo así, lo es tambien á la eclíptica, pero están sujetas, en otro sentido á notables variaciones. Algunas veces no se distingue mas que una, y otras se distinguen hasta ocho. Hay ocasiones en que no son paralelas entre sí, y tienen una anchura variable. Muchas veces se achica una de ellas, al paso que se dilata la que está mas próxima: diríase que se funden juntas. El tiempo de su duracion varia: se han visto algunas que conservaron tres meses la misma forma y se han visto salir otras nuevas en una ó dos horas. Algunas veces, se encuentra interrumpida la continuidad de estas bandas, la cual les dá la apariencia de una rotura. Estas bandas y manchas se consideran como parte del cuerpo del planete, y las partes luminosas se miran como nubes trasportadas por los vientos en diversas direcciones y con distintas velocidades.

#### SATURNO SUS SATELITES Y ANILLOS.

Observado Saturno con la simple vista, tiene para nosotros la apariencia de una estrella luminosa, de una luz macilente y rojiza, y como su movimiento es muy lento, apenas se le distingue de una estrella fija. Presenta paralelamente al ecuador una serie de bandas análogas á las de Júpiter, aunque mas tenues, y por ellas determinó Herschell el movimiento de rotacion del planeta sobre sí mismo, el cual ejecuta en 10 horas y media. Muévase en 329,000,000 de leguas del sol en una órbita que describe en 29 años, 5 meses y 4 dias, y cuya inclinacion en la eclíptica es de 2 grados y medio. Esta planeta es cerca de 900 veces mayor que la tierra, y el sol le comunica solo la octava parte de luz de la que distribuye á nuestro globo.

Saturno tiene satélites lo mismo que Júpiter. Cuéntanse siete: seis de ellos se mueven casi en el plano de su ecuador, pero el sétimo se aparta de él insensiblemente, siendo la inclinacion de su órbita de cerca de 30°. Se ha averiguado que solo daba una vuelta sobre sí mismo durante todo el tiempo de su revolucion, y aunque no ha sido posible descubrir si les sucede lo mismo á los demas, así lo induce á creer la analogía, porque esta igualdad de duracion de los movimientos de traslacion y rotacion parece ser ley general de los planetas secundarios.

La revolucion de cada uno de los satélites de Saturno presenta diferencias notables. Estos son sus períodos y sus distancias del planeta.

El primero opera su revolucion media sideral en el espacio de:  
Leguas del centro de Saturno.

		22 =	37'	23"	y dista	39,878
El	2º	1	8	53	9	51,165
El	3º	1	21	18	26	63,844
El	4º	2	17	44	51	81,140
El	5º	4	12	25	11	113,335
El	6º	15	22	41	14	262,086
El	7º	79	7	54	37	765,513

Los satélites de Saturno tienen frecuentes eclipses que sirven, como los de Júpiter, para determinar la longitud; pero su mucha distancia hace mas difícil su observacion.

Saturno, tan notable por el número de sus satélites, lo es mucho mas por el anillo de que está rodeado. Consiste este en una



banda luminosa, situada en el plano del ecuador del planeta al cual forma una especie de cintura, si bien se halla separado por una distancia igual á su anchura. Preséntase bajo una forma elíptica mas ó menos prolongada segun la oblicuidad bajo que es visto, efecto debido á las diversas inclinaciones que toma el globo de Saturno con respecto á nosotros en su movimiento de traslación; cuando el anillo toma esta forma elíptica, sus extremos del lado del eje mayor toman el nombre de *asas*, y entónces pueden distinguirse las estrellas entre él y su planeta, si la oblicuidad no es mucha. Pero cuando su posición es tal que la prolongación de su plano pasa por el centro de la tierra, en este caso no nos presenta mas que su orilla, y el ángulo que subtende entónces es tan pequeño, que es menester un instrumento de muchísimo alcance para hacer visible, apareciéndose bajo la forma de un filete luminoso que corta el disco del planeta.

Cuando se mira con anteojos de gran alcance, se descubren sobre la superficie del anillo unas líneas negras concéntricas formadas, segun parece, de varias separaciones, pero se distinguen con especialidad dos anillos cuyas dimensiones han sido calculadas por Herschell. Segun este astrónomo, el diámetro interior del anillo mas pequeño es de 48,782 leguas, y su diámetro exterior 63,464; el diámetro interior del mayor tiene 63,416 leguas de longitud, y 63,294 el diámetro exterior del mismo. En virtud de esto parece, pues, que entre Saturno y la circunferencia entera del anillo posterior hay una distancia de 14,444 leguas.

Herschell ha determinado, por medio de las manchas del anillo, el tiempo que dura la rotación sobre su eje, el cual es de 10 hs. 19' 16". Este eje de rotación es perpendicular á su plano, y el mismo que el de Saturno.

La duración de esta rotación, que parece ser cabalmente la de un satélite que tuviese por órbita la circunferencia media del anillo, ha servido á M. Biot para explicar como puede sostenerse el anillo de Saturno en derredor de este planeta sin tocarle, ó por lo menos para enlazar este hecho con la causa general que sostiene así á todos los satélites.

En efecto, dice, cada partícula del anillo puede considerarse como un satélite de Saturno, y el mismo anillo como una aglomeración de satélites ligados entre sí de una manera invariable. Si estos cuerpos fuesen libres é independientes unos de otros, su velocidad variaria segun su distancia del centro del planeta; los menos remotos de este centro se moverian con mayor rapidez, y con menor los mas remotos; y si se toma por término medio la velocidad que corresponde á la circunferencia media del anillo,

las velocidades de las demas partículas se diferenciarán de ella en mas ó en menos una misma cantidad. Ahora bien, si las partículas se uniesen y juntasen unas con otras para formar un cuerpo sólido, habrá una especie de compensación en sus movimientos; las mas rápidas comunicarán parte de su velocidad á las mas lentas, que á su vez les harán participar en cambio de parte de su lentitud; y, equilibrándose así mutuamente las fuerzas opuestas no quedará mas que el movimiento medio, comun á todas las partículas, y que será el de la circunferencia media. Estos anillos se sostendrán en derredor de Saturno del mismo modo que la luna se sostiene en torno de la tierra, ó como se sostienen los arcos de un puente, si el foco de la pesadez se halla en el centro de las claves de las bóvedas.

Esta teoría seria tambien verdadera en el caso que el anillo se compusiese, como parece, de muchos anillos concéntricos y separados unos de otros; en este caso bastaria aplicarla separadamente á cada uno de ellos, y entónces los tiempos de su rotación deberian guardar una diferencia sensible.

El anillo de Saturno, oculta algunas veces parte de este planeta, en razon á que se proyecta sobre el disco; otras veces, al contrario el planeta oculta, por su sombra, la vista de parte del anillo; de lo que se deduce que el anillo es opaco como el planeta, y que ni uno ni otro son por sí mismos luminosos.

#### HERSCHELL O URANO Y SUS SATELITES.

De todos los planetas conocidos, este es el que dista mas del sol, y su órbita envuelve la de los demas. Situado á mas de 662.000,000 de leguas, efectúa su revolución en 84 años. La inclinación de su órbita en la eclíptica no excede 46' 26". Aun no ha sido determinado el período de su rotación diurna.

Visible apenas al ojo desnudo, muéstrase al telescopio de un color blanco azulado. Del sol no recibe mas que  $\frac{1}{362}$  de la luz que á nuestro planeta envía.

Cuando fué descubierto, se le reputó un cometa; pero su cercanía á la eclíptica pronto lo dió á conocer por un planeta. Hasta esa época, pasaba por estrella fija.

Herschell que fué el que hizo ver que era un planeta, le descubrió tambien seis satélites que circulan en torno suyo, y á corta diferencia, en el mismo plano.

Estos son los períodos de sus revoluciones y sus distancias.

El primero acaba su revolución sideral en el espacio de 5<sup>o</sup>



21° 25' 21" y su distancia media es de 47,718 leguas.

En 2° en	8	16	57	48	96,940
En 3° "	10	25	3	59	129,572
En 4° "	13	10	56	30	129,572
En 5° "	38	1	48		259,162
En 6° "	107	16	39	56	518,254

Los cuadros siguientes representan, bajo un solo golpe de vista, todas las circunstancias de volumen, masa, densidad, distancia rapidez, inclinacion, etc. de los planetas relativamente unos á otros.

DISTANCIA DE LOS PLANETAS DEL SOL.

	LEGUAS.		LEGUAS.
Mercurio,	13 561,000	Ceres,	95 532,000
Vénus,	24 966,000	Palas,	95 892,000
La tierra,	54 515,000	Júpiter,	179 575,000
Marte,	52 390,000	Saturno,	329 200,000
Vesta,	51 530,000	Urano,	662 144,000
Juno,	81 278,000		

Diámetros del sol y de los planetas, tomado el de la tierra por unidad.

El sol,	109,93	Vesta,	
Mercurio,	0,39	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	0,97	Ceres,	
La tierra,	1,00	Palas,	
La luna,	0,27	Júpiter,	11,56
Marte,	0,52	Saturno,	9,61
		Urano,	4,26

Volúmenes del sol y de los planetas, tomado el de la tierra por unidad.

El sol,	1 328,460	Vesta,	
Mercurio,	0,1	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	0,9	Ceres,	
La tierra,	1,	Palas,	
La luna,	0,02	Júpiter,	1470,2
Marte,	0,2	Saturno,	887,3
		Urano,	77,5

Masas del sol y de los planetas, tomada la de la tierra como unidad.

El sol	337,086	Vesta,	
Mercurio	0,1664	Juno,	} No se sabe.
Vénus	0,9152	Ceres,	
La tierra,	1,	Palas,	
La luna	0 017	Júpiter,	315,8926
Marte	0,1324	Saturno,	120,0782
		Urano,	17,2829

Densidades del sol y de los planetas, tomada la de la tierra como unidad.

Sol,	0,23624	Vesta,	
Mercurio,	2,879646	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	1,04701	Ceres,	
La tierra,	1,	Palas,	
La luna,	0,715076	Júpiter,	0,24119
Marte,	0,930736	Saturno,	0,095684
		Urano,	0,020802

Número de pies, por segundo, que recorrería un cuerpo grave al caer en la superficie del sol y de los planetas.

En el sol,	429	Vesta,	
—Mercurio,	12	Juno,	} No se sabe.
—Vénus,	18	Ceres,	
—la Tierra,	160	Palas,	
—la Luna,	3	Júpiter,	42
		Saturno,	15
		Urano,	4,2

Tiempo de rotacion en el eje del sol y de los planetas.

El sol,	25 da.	12 hs.	0' 07"	Vesta,	
Mercurio,	1	0	4 0	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	0	23	21 0	Ceres,	
La tierra,	1	0	0 0	Palas,	
La luna,	27	7	44 0	Júpiter,	0 9 56 37
Marte,	1	0	39 22	Saturno,	0 10 16 2
				Urano,	No se sabe.



LECCIONES

Tiempo de las revoluciones siderales.

Mercurio,	87 ds.	23 hs.	14'	30"
Vénus,	224	16	41	27
La tierra,	365	5	48	49
Marte,	686	22	18	27
Vesta, 3 años,	66	4	0	0
Juno,	4	128	0	0
Ceres,	4	220	2	0
Palas,	4	220	2	0
Júpiter 11	215	10	30	0
Saturno 29	161	5	27	0
Urano, 83	29	8	39	0

Paralaxes anuales.

Mercurio,	126° 14'	Júpiter,	9 59
Vénus,	139 9	Saturno,	5 42
La luna,	27 1	Urano,	2 55
Marte,	18 6		

Inclinacion de la órbita sobre la eclíptica.

Mercurio,	7° 78'	Ceres,	10 62
Vénus,	8 76	Palas,	34 60
La luna,	5 71	Júpiter,	1 46
Marte,	1 85	Saturno,	2 77
Vesta,	7 15	Urano,	0 86
Juno,	31 05		

Inclinacion del eje sobre la órbita.

El sol,	82° 50'	Vesta,	} No se sabe.
Mercurio,	" "	Juno,	
Vénus,	" "	Ceres,	
La tierra,	66 52	Palas,	
La luna,	88 50	Júpiter,	
Marte,	61 30	Saturno,	60
		Urano,	" "

DE ASTRONOMIA.

Leguas recorridas en un segundo.

Mercurio,	635
Vénus,	485
La tierra,	412
La luna,	14 (relativamente á la tierra)
Marte,	339
Vesta,	"
Juno,	"
Ceres,	"
Palas,	"
Júpiter,	178
Saturno,	132
Urano,	93

SATELITES DE JUPITER.

	DISTANCIAS MEDIAS, siendo la unidad el semi-diámetro del planeta.	DURACION de las revolucio- nes.	MASAS, de los satélites, toma- da como unidad la masa del planeta.
Satélite 1	6.0485	1 día 7691	0,00017
Satélite 2	9.6235	3 5512	0,00023
Satélite 3	15.3502	7 1546	0,00088
Satélite 4	26.9983	16 6888	0,00043

SATELITES DE SATURNO.

	DISTANCIAS MEDIAS, considerándose como unidad el semi diá- metro del planeta.	DURACION de las revoluciones.
Satélites 1	3,35	0 día 943
Satélites 2	4 30	1 370
Satélites 3	5,28	1 888
Satélites 4	6,82	2 739
Satélites 5	9,52	4 517
Satélites 6	22,08	15 945
Satélites 7	64,36	79 330



LECCIONES  
SATELITES DE URANO

	DISTANCIAS MEDIAS, tomándose por unidad el semi-diámetro del planeta.	DURACION DE las revoluciones.
Satélite 1	13,12	51,893
Satélite 2	17,02	8,707
Satélite 3	19,84	10,961
Satélite 4	22,75	13,456
Satélite 5	45,51	38,075
Satélite 6	91,01	107,694

## LECCION VIII.

## LEYES DE KEPLER.

Al tratar de los planetas nos hemos contentado con decir que describian en torno del sol curvas elípticas mas ó menos prolongadas, pero no hemos indagado los medios de determinar estas órbitas ni estudiado su naturaleza.

Todas las curvas descritas por los planetas hacen un ángulo mas ó menos abierto con el plano de la eclíptica, cortándose todas por consiguiente en dos puntos exactamente opuestos que son los nudos. La línea de los nudos es la que determina la traza del plano de la órbita sobre la eclíptica 1º.

Supongamos ahora que se halle colocado un observador en el sol; fácil le será conocer el instante preciso del tránsito del planeta por sus nudos, que se verificará cuando le vea en línea que pasa por el nudo y el centro de aquel astro. Por lo que toca al observador colocado en la tierra, esto es, fuera del centro del sistema planetario, puede saber muy bien cual es el momento del paso por los nudos, pero no puede verlos mas que cuando están opuestos constantemente uno á otro, porque la recta que los une tiene sucesivamente varias inclinaciones por efecto del movimiento del sol; sucede, no obstante algunas veces, aunque muy raras, que encontrándose el sol y la tierra en la misma línea, el planeta que se quiere observar se encuentra tambien en su prolongación. Entonces se le ve en el mismo punto que el sol; puede fi-

1º Se llama traza de un plano, la línea que señala su intersección con otro determinado. La línea de los nudos es pues, en otros términos la intersección del plano del a órbita de un astro con el plano de la eclíptica.

jarse su longitud, y basta hacer algunas observaciones semejantes para determinar si el nudo del planeta corresponde siempre á la misma longitud visto desde el sol.

Conocido el nudo, se aguarda á que el sol tenga la misma longitud que el planeta para determinar su inclinacion; entonces se logra la longitud del astro de la que se deduce la inclinacion del plano de la órbita.

Despues de adquiridos estos datos, para encontrar la naturaleza de la curva, se mide la duracion de una revolucion completa lo que se hace fijando un punto, uno de los nudos, por ejemplo, y se calcula el tiempo trascurrido entre dos pasos sucesivos del astro por el mismo tiempo.

Luego que, de esta manera, se ha averiguado la duracion del movimiento, no hay mas que determinar el movimiento angular del planeta por medio de las oposiciones y de las conjunciones.

Trazadas así las órbitas de los planetos, se encontrará:

1º Que todos los astros se mueven describiendo elipses, uno de cuyos focos está ocupado por el sol.

2º Que el movimiento es tanto mas rápido cuanto mas cerca está del sol el planeta, en términos que el radio vector describe siempre superficies iguales en un tiempo dado.

3º Que los cuadrados de los tiempos de las revoluciones son entre sí como los cubos de los ejes mayores de las órbitas.

Estas son las tres leyes de Kepler, y sirven de vase á toda la astronomía; dentro de poco veremos implícitamente contenian la ley general de la atraccion. Estas preciosas leyes se han encontrado tan exactas, que no se tiene ningun reparo en deducir de la duracion de sus revoluciones siderales las distancias de los planetas al sol; desde luego se deja ver que este cálculo de las distancias ofrece mucha exactitud, pues fácil es determinar con precision la vuelta de cada planeta aun punto del cielo, al paso que es muy difícil calcular directamente su distancia del sol.

## ATRACCION UNFVERSAL.

Las leyes de Kepler, que tan gran servicio acababan de hacer á la astronomía, descubriendo las mas maravillosas relaciones los cuerpos celestes debian inducir á los ánimos á investigar las causas que los origina.

Reservado estaba este descubrimiento al génio de newton. No diremos ahora como llegó á efectuarlo reflexinando sobre la causa por la que acaba de caer una manzana á sus pies, causa que tuvo la feliz idea de extender á las masas de los astros. Tam-



LECCIONES  
SATELITES DE URANO

	DISTANCIAS MEDIAS, tomándose por unidad el semi-diámetro del planeta.	DURACION DE las revoluciones.
Satélite 1	13,12	51,893
Satélite 2	17,02	8,707
Satélite 3	19,84	10,961
Satélite 4	22,75	13,456
Satélite 5	45,51	38,075
Satélite 6	91,01	107,694

## LECCION VIII.

## LEYES DE KEPLER.

Al tratar de los planetas nos hemos contentado con decir que describian en torno del sol curvas elípticas mas ó menos prolongadas, pero no hemos indagado los medios de determinar estas órbitas ni estudiado su naturaleza.

Todas las curvas descritas por los planetas hacen un ángulo mas ó menos abierto con el plano de la eclíptica, cortándose todas por consiguiente en dos puntos exactamente opuestos que son los nudos. La línea de los nudos es la que determina la traza del plano de la órbita sobre la eclíptica 1º.

Supongamos ahora que se halle colocado un observador en el sol; fácil le será conocer el instante preciso del tránsito del planeta por sus nudos, que se verificará cuando le vea en línea que pasa por el nudo y el centro de aquel astro. Por lo que toca al observador colocado en la tierra, esto es, fuera del centro del sistema planetario, puede saber muy bien cual es el momento del paso por los nudos, pero no puede verlos mas que cuando están opuestos constantemente uno á otro, porque la recta que los une tiene sucesivamente varias inclinaciones por efecto del movimiento del sol; sucede, no obstante algunas veces, aunque muy raras, que encontrándose el sol y la tierra en la misma línea, el planeta que se quiere observar se encuentra tambien en su prolongación. Entonces se le ve en el mismo punto que el sol; puede fi-

1º Se llama traza de un plano la línea que señala su intersección con otro determinado. La línea de los nudos es pues, en otros términos la intersección del plano del a órbita de un astro con el plano de la eclíptica.

jarse su longitud, y basta hacer algunas observaciones semejantes para determinar si el nudo del planeta corresponde siempre á la misma longitud visto desde el sol.

Conocido el nudo, se aguarda á que el sol tenga la misma longitud que el planeta para determinar su inclinacion; entonces se logra la longitud del astro de la que se deduce la inclinacion del plano de la órbita.

Despues de adquiridos estos datos, para encontrar la naturaleza de la curva, se mide la duracion de una revolucion completa lo que se hace fijando un punto, uno de los nudos, por ejemplo, y se calcula el tiempo trascurrido entre dos pasos sucesivos del astro por el mismo tiempo.

Luego que, de esta manera, se ha averiguado la duracion del movimiento, no hay mas que determinar el movimiento angular del planeta por medio de las oposiciones y de las conjunciones.

Trazadas así las órbitas de los planetos, se encontrará:

1º Que todos los astros se mueven describiendo elipses, uno de cuyos focos está ocupado por el sol.

2º Que el movimiento es tanto mas rápido cuanto mas cerca está del sol el planeta, en términos que el radio vector describe siempre superficies iguales en un tiempo dado.

3º Que los cuadrados de los tiempos de las revoluciones son entre sí como los cubos de los ejes mayores de las órbitas.

Estas son las tres leyes de Kepler, y sirven de vase á toda la astronomía; dentro de poco veremos implícitamente contenian la ley general de la atraccion. Estas preciosas leyes se han encontrado tan exactas, que no se tiene ningun reparo en deducir de la duracion de sus revoluciones siderales las distancias de los planetas al sol; desde luego se deja ver que este cálculo de las distancias ofrece mucha exactitud, pues fácil es determinar con precision la vuelta de cada planeta aun punto del cielo, al paso que es muy difícil calcular directamente su distancia del sol.

## ATRACCION UNFVERSAL.

Las leyes de Kepler, que tan gran servicio acababan de hacer á la astronomía, descubriendo las mas maravillosas relaciones los cuerpos celestes debian inducir á los ánimos á investigar las causas que los origina.

Reservado estaba este descubrimiento al génio de newton. No diremos ahora como llegó á efectuarlo reflexinando sobre la causa por la que acaba de caer una manzana á sus pies, causa que tuvo la feliz idea de extender á las masas de los astros. Tam-



poco entraremos en los pormenores del cálculo, por cuyo medio llegó á establecer esta causa general, y nos limitaremos á exponer las consecuencias que dedujo de las leyes de Kepler.

De que las áreas descritas por los rayos vectores son proporcionales á los tiempos, dedujo Newton, apollado en el cálculo-ésta consecuencia, que la fuerza que mueve á los planetas se dirige hácia el centro del sol.

De que las órbitas de los planetas son elipses en uno de cuyos focos está situado el sol, infirió que la fuerza que anima á los astros está en razon inversa del cuadrado de la distancia de su centro al centro del sol.

Por último, de que los cuadrados de los tiempos de las revoluciones son entre sí como los cubos de los ejes mayores de las órbitas, sacó la consecuencia de que la fuerza es proporcional á la masa.

Y de todos estos resultados concluyó que el sol es el centro de un poder atractivo que ejerce su accion en virtud de las leyes que acabamos de exponer.

Newton, que para estender hasta la luna el imperio de la atraccion, habia partido de que la tierra ejerce sobre los cuerpos de su superficie, debia inferir por analogia que una vez que los demas planetas retienen tambien á los satélites en sus órbitas, deben poseer como la tierra una fuerza atractiva, y que esta no puede ser mas que de la misma naturaleza que la que comunica al sol la facultad de hacer circular en derredor suyo á todos los astros de su sistema.

Así todos los cuerpos que giran en derredor del sol están como este, dotados del poder de la atraccion, y llevando mas adelante la analogia, se llegará á este resultado general, de que se ha aprovechado la fisica y que hubiera podido sospecharse en vista de la esfericidad de los cuerpos celestes, á saber: que todas las moléculas de la materia se atraen mutuamente en razon directa de las masas, y en razon inversa del cuadrado de las distancias.

Pero como, la fuerza de la atraccion si solamente existiera no propenderia mas que á reunir en una sola masa todos los globos de la naturaleza. Newton supuso que los cuerpos celestes habian recibido primitivamente un impulso en línea recta, y que de la combinacion de estas dos fuerzas depende el movimiento curvilíneo.

Efectivamente, si el cuerpo A se halla empujado segun la línea recta ABX en el espacio libre en que no encuentre ninguna resistencia que atenúe el impulso, que ha recibido, continuará

moviéndose indefinidamente con la misma velocidad y en la misma direccion. Pero si al llegar á B es atraído por S con una fuerza conveniente y perpendicular á su movimiento, se apartará de la línea recta ABX, y describirá el círculo BYTU en derredor de S. Para que el cuerpo describa así un círculo, es menester que la fuerza proyectiva sea igual á la que hubiese adquirido por el solo efecto de la gravedad, cayendo segun la direccion del semi-rádio del círculo. Así para que el cuerpo describa el círculo BYTU al llegar á B, es menester que sea atraído por S, de modo que caiga de B en Y, mitad del rádío BS, en el mismo tiempo que tarda de ir desde B á X, por el solo efecto de la fuerza de proyeccion, A, será un planeta, si se quiere, y S el sol.

Pero si mientras la fuerza proyectiva impele al planeta de B á b, le hiciere bajar de B á I la atraccion del sol, el poder de la gravitacion será mayor proporcionalmente que en el primer caso, y el planeta describiria la curva BC. Cuando haya llegado á C, la gravitacion que aumenta en razon inversa del cuadrado de las distancias, será todavia mas poderosa que en B, y hará que el planeta descendiese mas en términos de obligarle á describir los arcos BC, CD, DE, EF, en iguales tiempos: el planeta se moverá pues, con mucha mas rapidez que anteriormente, y mayor será su propension á escurrirse por la tangente Kk, ó, en otros términos, adquirirá mayor fuerza proyectiva, la cual seria bastante poderosa para vencer la fuerza de atraccion é impedir que el planeta caiga hácia el sol, y aún de moverse en el círculo Klmn. El planeta pues se alejará segun la curva Klmn, pero su velocidad menguará por grados desde K á B, como habia aumentado de B á K, porque ahora se ejercerá la accion solar en el sentido contrario. Vuelto á B y despues de haber perdido desde K allí el exceso de velocidad que adquirido habia de B á K, obedecerá á las mismas fuerzas y describirá la propia curva.

Una fuerza proyectiva dupla contrabalanza una fuerza atractiva cuadrupla. Supongamos, en efecto, que el planeta reciba en B un impulso hácia X dos veces mayor que el que tenia en un principio, ó, lo que es lo mismo, que se traslade de B á c en el mismo tiempo que se trasladaria de B á b. En este caso, será menester una fuerza de gravedad cuatro veces mayor para contenerle en su órbita, es decir una fuerza capaz de hacerle caer de B á 4 en el mismo tiempo que una fuerza proyectiva hubiese tardado en llevarle de B á c: de otra manera se podria describir la curva BD como lo demuestra la figura.

Como los planetas se acercan y alejan del sol en cada una de



sus revoluciones, pueden encontrarse algunas dificultades en concebir como en el primer caso no se le acercan mas y mas hasta confundirse con él, y como no se alejan en el segundo para no volver jamas; pero esta dificultad desaparece luego que se estudian la accion y respectiva intensidad de las fuerzas en los casos de que se trata. Hemos dicho que el planeta, movido por una fuerza proyectiva que le trasladase de B á l en el tiempo que el sol le hiciera caer de B á I, describe la curva BC semetido á la accion de entrambas fuerzas. Pero ¿cómo obrarán estas cuando se halle en K el planeta? Siendo KS igual á la mitad de BS, el planeta estará dos veces mas cerca del sol, y la accion de la gravedad será, pues, cuatro veces mayor en virtud del principio anteriormente sentado. Esta propenderá, de consiguiente, á hacer que el planeta caiga de K á V en el mismo tiempo que propenderia á hacerle caer de B á I, por ser KV cuatro veces mayor que BI. Pero la fuerza proyectiva trabaja por trasladar al planeta en el mismo tiempo de K á l, espacio doble de Bb, como lo manifiesta la figura, luego esta fuerza proyectiva es doble de lo que era en B. Y como hemos visto que una fuerza proyectiva dupla contrabalancea siempre una fuerza atractiva cuadrúpla, tendremos que no se romperá el equilibrio entre las dos fuerzas, y el planeta continuará su camino desde K á L segun la resultante de ambas. Cuando haya vuelto á B, se encontrará nuevamente sometida á la accion de las dos fuerzas que le hicieron recorrer su órbita por primera vez, y como estas obrarán con la misma intensidad que anteriormente, describirá indefinidamente la misma curva.

Este es el gran principio de la atraccion universal. Es tan cierto que no hay perturbaciones ni irregularidades, por leves que sean, que no explique con la mas rigurosa exactitud. Los astrónomos lo creen de tal modo, que cuando las observaciones no están de acuerdo con los resultados del cálculo, prefieren mejor creer que el error depende del olvido de algunas circunstancias, que negar la doctrina de la atraccion; y al cabo se viene en conocimiento de la causa verdadera del error.

#### DE LAS MASAS PLANETARIAS.

El principio de la atraccion ha servido tambien para determinar la masa y densidad del sol y de los planetas. En efecto, supuesto que la velocidad de la revolucion de los satélites depende del poder atractivo del planeta, podrán deducirse sus masas de sus velocidades. Si el planeta no tiene satélite, se determina su

masa por medio de las perturbaciones causadas por el astro.

Conocidos que sean el volúmen y la masa, fácil es sacar la densidad para lo cual basta dividir la masa por el volúmen.

Cavendish ha determinado la masa de nuestro globo por otro método, si bien fundándose siempre en el principio de la atraccion. Tomó un hilo muy delgado no atirantado, á cuya extremidad se hallaba suspendida una aguja capaz de ceder á la mas leve atraccion. Colocó cerca de esta aguja una esfera de plomo que al ejercer su accion sobre la aguja la hizo experimentar oscilaciones, cuya duracion determinó cuidadosamente. Comparando luego estas oscilaciones con las del péndulo sometido á la accion de la gravedad terrestre, dedujo la relacion de la fuerza de atraccion de la esfera de plomo con la de la gravedad, y encontró así las que guardaban entre si las masas de la esfera de plomo y la tierra. Por último veremos, al tratar de la tierra, que la atraccion ha proporcionado los medios de determinar su medida con una exactitud que en vano se buscaria en las operaciones hechas sobre su superficie.

#### LECCION IX.

##### LA TIERRA.

Si, al ocuparnos de los planetas, no hemos tratado de la tierra, en el lugar que le hemos asignado, era porque, para hacerlo completamente, queriamos adquirir las nociones que nos son indispensables.

Estudiaremos sucesivamente la figura, las dimensiones y los movimientos de la tierra.

#### FIGURA DE LA TIERRA.

Engañados por la ilusion de los sentidos, los hombres consideraron la tierra como llanura sin límites. Pero poco á poco vinieron las observaciones á destruir este error. Observóse en las comarcas chatas del este, que, al acercarse á los objetos elevados y colocados á una gran distancia, solo se divisaba la cima ó cúspide, despues las partes menos altas, y últimamente, la base que era lo último que se descubria. Este fenómeno no podia ser efecto de algunos accidentes de terreno, y de circunstancias particulares, pues se observaba en todas direcciones, y era tanto mas sensible cuanto mas pura se hallaba la atmósfera. Aun mas observábase en el mar, y, en este caso, era mucho mas concluyen-



sus revoluciones, pueden encontrarse algunas dificultades en concebir como en el primer caso no se le acercan mas y mas hasta confundirse con él, y como no se alejan en el segundo para no volver jamas; pero esta dificultad desaparece luego que se estudian la accion y respectiva intensidad de las fuerzas en los casos de que se trata. Hemos dicho que el planeta, movido por una fuerza proyectiva que le trasladase de B á l en el tiempo que el sol le hiciera caer de B á l, describe la curva BC semetido á la accion de entrambas fuerzas. Pero ¿cómo obrarán estas cuando se halle en K el planeta? Siendo KS igual á la mitad de BS, el planeta estará dos veces mas cerca del sol, y la accion de la gravedad será, pues, cuatro veces mayor en virtud del principio anteriormente sentado. Esta propenderá, de consiguiente, á hacer que el planeta caiga de K á V en el mismo tiempo que propenderá á hacerle caer de B á l, por ser KV cuatro veces mayor que Bl. Pero la fuerza proyectiva trabaja por trasladar al planeta en el mismo tiempo de K á l, espacio doble de Bb, como lo manifiesta la figura, luego esta fuerza proyectiva es doble de lo que era en B. Y como hemos visto que una fuerza proyectiva dupla contrabalancea siempre una fuerza atractiva cuadrúpla, tendremos que no se romperá el equilibrio entre las dos fuerzas, y el planeta continuará su camino desde K á L segun la resultante de ambas. Cuando haya vuelto á B, se encontrará nuevamente sometida á la accion de las dos fuerzas que le hicieron recorrer su órbita por primera vez, y como estas obrarán con la misma intensidad que anteriormente, describirá indefinidamente la misma curva.

Este es el gran principio de la atraccion universal. Es tan cierto que no hay perturbaciones ni irregularidades, por leves que sean, que no explique con la mas rigurosa exactitud. Los astrónomos lo creen de tal modo, que cuando las observaciones no están de acuerdo con los resultados del cálculo, prefieren mejor creer que el error depende del olvido de algunas circunstancias, que negar la doctrina de la atraccion; y al cabo se viene en conocimiento de la causa verdadera del error.

#### DE LAS MASAS PLANETARIAS.

El principio de la atraccion ha servido tambien para determinar la masa y densidad del sol y de los planetas. En efecto, supuesto que la velocidad de la revolucion de los satélites depende del poder atractivo del planeta, podrán deducirse sus masas de sus velocidades. Si el planeta no tiene satélite, se determina su

masa por medio de las perturbaciones causadas por el astro.

Conocidos que sean el volúmen y la masa, fácil es sacar la densidad para lo cual basta dividir la masa por el volúmen.

Cavendish ha determinado la masa de nuestro globo por otro método, si bien fundándose siempre en el principio de la atraccion. Tomó un hilo muy delgado no atirantado, á cuya extremidad se hallaba suspendida una aguja capaz de ceder á la mas leve atraccion. Colocó cerca de esta aguja una esfera de plomo que al ejercer su accion sobre la aguja la hizo experimentar oscilaciones, cuya duracion determinó cuidadosamente. Comparando luego estas oscilaciones con las del péndulo sometido á la accion de la gravedad terrestre, dedujo la relacion de la fuerza de atraccion de la esfera de plomo con la de la gravedad, y encontró así las que guardaban entre si las masas de la esfera de plomo y la tierra. Por último veremos, al tratar de la tierra, que la atraccion ha proporcionado los medios de determinar su medida con una exactitud que en vano se buscaria en las operaciones hechas sobre su superficie.

#### LECCION IX.

##### LA TIERRA.

Si, al ocuparnos de los planetas, no hemos tratado de la tierra, en el lugar que le hemos asignado, era porque, para hacerlo completamente, queriamos adquirir las nociones que nos son indispensables.

Estudiaremos sucesivamente la figura, las dimensiones y los movimientos de la tierra.

#### FIGURA DE LA TIERRA.

Engañados por la ilusion de los sentidos, los hombres consideraron la tierra como llanura sin límites. Pero poco á poco vinieron las observaciones á destruir este error. Observóse en las comarcas chatas del este, que, al acercarse á los objetos elevados y colocados á una gran distancia, solo se divisaba la cima ó cúspide, despues las partes menos altas, y últimamente, la base que era lo último que se descubría. Este fenómeno no podia ser efecto de algunos accidentes de terreno, y de circunstancias particulares, pues se observaba en todas direcciones, y era tanto mas sensible cuanto mas pura se hallaba la atmósfera. Aun mas observábase en el mar, y, en este caso, era mucho mas concluyen-



te, pues no había desigualdades ni obtáculos, sino, al contrario, todo se hallaba al nivel, debiendo la superficie del mar seguir necesariamente la forma de la tierra. A todo el mundo consta efectivamente, que cuando se aleja un navío de las costas, sus partes inferiores son las primeras que desaparecen, despues sucesivamente las que se hallan mas elevadas, y, por último, las estremidades de los mástiles; los mismos navegantes, antes de llegar al puerto, empiezan á descubrir la parte superior de los objetos mas elevados, y solo á medida que se acercan, observan los parages inferiores. Prescindiendo de esta observacion, harto demostrada ha sido la convexidad del globo, no solo por los largos viajes emprendidos por navegantes atrevidos, que, despues de haber dado la vuelta á la tierra, han venido á parar á su punto de partida, por una direccion opuesta á la que, al partir, habian seguido, sino tambien por las observaciones astronómicas, entre otras, por la forma circular proyectada por la tierra en el disco de la luna, cuando se halla eclipsado este astro; y, en fin, por algunas operaciones que han servido á determinar las dimensiones del globo, como la direccion del hilo de plomo en diversos parages. Así, la tierra es, á corta diferencia, pues pronto veremos que si bien tiene la figura de una esfera se halla achatada hácia los polos y protuberante hácia al ecuador. Estos datos los adquiriremos cuando tratemos de averiguar sus dimensiones, y mas adelante veremos que esta forma es un efecto necesario de su movimiento de rotacion.

#### DIMENCIONES DE LA TIERRA.

Teniendo la tierra sensiblemente la figura de una esfera, es evidente que si conociésemos el valor de uno solo de sus grados, multiplicándolo por 360, lograríamos el de la circunferencia, como igualmente su diámetro, superficie y volumen.

Así, pues, la operacion se reduce á determinar el valor de un grado terrestre. Ahora bien, para llegar esta determinacion de un modo práctico, se ha seguido el método siguiente: se ha tomado en la tierra un espacio tal, que los normales determinados por medio del péndulo y llevados á las estremidades de este espacio correspondiesen á dos estrellas separadas entre si de un grado, y así se ha logrado un grado terrestre. Fácil es comprender que nada impide tomar en la tierra un espacio mayor ó menor que un grado; una mera proporcion dará siempre la longitud exacta del grado. Queda pues por medir de un modo preciso la base que así se ha escogido, y esta medida la dan, con

precision los métodos trigonométricos que aquí no podemos exponer.

Esta determinacion práctica de los grados terrestres ha corroborado el achatamiento de la tierra á los polos y su protuberancia al ecuador. En efecto, el grado, ó el espacio que es necesario recorrer entre dos verticales para tener un grado, no es el mismo en todas las latitudes: mientras mas se acerca á los polos mas largo es; bajo el ecuador se halla reducido á su menor espacio, lo que es evidentemente indica una depresion de los polos y no un alargamiento como, por error; se habia al principio concluido.

La medida de esta depresion, deducida de las operaciones, ha dado <sup>1</sup>/<sub>306</sub>, esto es, que el diámetro polar es mas pequeño de un <sup>1</sup>/<sub>300</sub> que el diámetro ecuatorial. El menisco ó hinchamiento del ecuador tiene un espesor de cinco leguas, á corta diferencia. Estas medidas se deducen matemáticamente de los movimientos de la luna con mucha mas exactitud que las determinadas en la misma tierra.

Tambien ha dado la gravitacion medios de deducirlas de las observaciones del péndulo, las cuales varian en los diversos puntos del globo con la fuerza de la pesadez. Estas son las medidas exactas de las dimensiones de la tierra en leguas de 220 toesas.

	Leguas.	Toesas.
Semi diámetro del ecuador.....	1,435 6	3,271,864.
Semi-diámetro del polo.....	1,430 6	3,261,265
Semi-diámetro del punto situado á los 45°..	1,432 6	3,266,611
Aplanamiento.....	4,65 6	10,600
Longitud de un grado del meridiano escogido en medio del espacio que separe el polo del ecuador.....	25 6	57,000
Cuarta parte del meridiano de Paris.....	2250,3 6	5,130,740

El grado del arco de meridiano cuyo valor acabamos de dar, se ha escogido en medio del espacio que separa al polo del ecuador. El que resulta del arco que atraviesa la Francia desde Dunquerque á Barcelona, y que ha sido prolongado hasta la isla Formentera, dá los siguientes resultados calculando las medidas itinerarias de diferentes naciones.

La legua geográfica de Francia es de 25 al grado; la legua marina es de 20, ó sea de 2,550 toesas; cada legua marina equivale á tres minutos del grado terrestre;  $\frac{1}{3}$  de legua equivale á una milla ó un minuto del ecuador, y es la milla de Inglaterra



ó de Italia; la legua de España ú de Holanda y la milla de Alemania son de 15 al grado; la de Suecia de 12; la de Hungría de 10; y en fin la westa de Rusia es de 90 al grado.

La superficie entera del globo terraqueo es de 25 790,440 leguas cuadradas (esto es de cerca 148 mil millones de fanegas francesas) cuyas tres cuartas partes cubre el mar, hallándose apenas habitada la mitad de la cuarta parte restante equivalente á cerca de tres millones de leguas cuadradas.

En esta breve ojeada sobre las dimensiones de la tierra, no hemos tenido en cuenta las desigualdades de su superficie, porque, efectivamente las mas altas montañas son como nulas relativamente á su volúmen; y la superficie del globo, á pesar de sus asperezas, puede considerarse como mucho mas lisa que la corteza de una naranja.

#### MOVIMIENTO DE LA TIERRA.

Establecida la esfericidad de la tierra y conocidas sus dimensiones, ocupémonos de sus movimientos. Demostraremos primeramente que gira sobre sí misma, y luego que está dotada de un movimiento de traslación en el espacio.

#### ROTACION DIURNA DE LA TIERRA.

Toda la esfera celeste nos parece que gira al derredor de la tierra. ¿Pero es esto una realidad ó una ilusión?

Si comparamos primero la tierra no solamente con los globos de nuestro sistema, sino con esa infinidad de estrellas que, como hemos visto, son soles tan grandes, por lo menos como el nuestro, y centros probables de otros tantos sistemas planetarios, se vendrá en conocimiento de que únicamente es un punto imperceptible en comparación de estas masas enormes; entónces parecerá sin duda sorprendente que sea un átomo en el centro del cual están girando tan inmensos globos. La admiración será aún mucho mayor, si se piensa en la increíble velocidad de que deben estar dotados estos cuerpos para describir en tan poco tiempo círculos inconmesurables; y como esta velocidad debe crecer con la distancia, sería necesariamente admitir que la tierra atrae á todos los astros con una fuerza tanto mayor cuanto mas léjos se encuentran de ella, lo cual es absurdo.

En vista de estas consecuencias, habrá que desechar la opinion que á este resultado conduce, y se deseará saber si esta aparente revolución de los cielos pudiera ser efecto de una ilusión de nues-

tros sentidos. De aquí se pasa á admitir el movimiento en la tierra, y, admitida esta hipótesis, podrán explicarse todos los fenómenos con lógica y facilidad.

Efectivamente, como nosotros andamos con el globo en el curso de la rotación, creemos estar inmóviles, al paso que nos parece que los astros marchan en dirección contraria á la que nosotros seguimos. Tal así sucede cuando, en un carruaje ó embarcación, creemos que los objetos que nos rodean se alejan de nosotros con un movimiento tanto mas rápido cuanto mas cerca se hallan de nosotros; la ilusión es tanto mayor cuanto mas se acrecienta la velocidad; y como las personas embarcadas no notan el movimiento que las trasporta, insensibles somos al de la tierra, que se mueve con mucha mayor rapidez, y sin encontrar obstáculo ni resistencia.

El movimiento de rotación de la tierra vuelto así sumamente probable por la explicación fácil y natural de los fenómenos, y por las consecuencias absurdas de la opinion opuesta se puede tambien probar directamente.

Se ha hecho la objeción de que si la tierra fuese la que girase, un cuerpo arrojado á una altura considerable debia caer atras, y que una piedra desprendida desde lo alto de una torre no debería caer al pie del edificio, porque la tierra habia hecho durante ese tiempo, un camino mas ó menos considerable. Pero esto es un error, y la experiencia enseña que un cuerpo arrojado participa del movimiento del que le arroja. Así, una persona, situada en un navío, arroja al aire un cuerpo que fácilmente recibe, y que cree despedir verticalmente, mientras que, visto de la ribera, el cuerpo es impelido oblicuamente hácia adelante. Todo el mundo sabe que una piedra, despedida desde lo alto de un mastil de un navío que corta el mar á toda vela cae al pie del mastil, como si estuviese en reposo el navío, y que una botella de agua boca abajo y suspendida sobre un gabinete, se escurre gota á gota y llena otra botella colocada exactamente debajo aunque el navío recorra muchos pies durante el tiempo que emplea en caer cada gota.

Aun hay mas, y de esto deduciremos una prueba matemática del movimiento de rotación de la tierra. De dos cuerpos que describen, en el mismo tiempo, dos circunferencias desigualmente distantes del eje de rotación, el que la recorre mas distante, y por consiguiente mayor debe moverse con mas rapidez que el otro. Supongamos que desde lo alto de una torre muy alta, se abandone un cuerpo á sí mismo. Como la cúspide ó parte superior de la torre que recorre una curva mayor que el pie por hallarse mas



distante del eje de rotacion, y por consiguiente tiene un movimiento mas rápido, comunicará este movimiento al cuerpo que se deja caer, y este no seguirá la direccion vertical del péndulo sino que deberá apartarse hácia el oriente, y esto es lo que corrobora la experiencia de la manera mas convincente.

Otra demostracion del movimiento de la rotacion de la tierra se deduce de la traslacion de la luz. Antes de establecer esta prueba, no perdamos de vista que este agente no se mueve instantáneamente, sino que tarda un espacio de tiempo en recorrer el espacio.

Galileo se habia propuesto resolver experimentalmente este problema. A este fin, habia imaginado una linterna provista de una pantalla móvil, susceptible de caer instantáneamente en términos de interceptar completamente la luz. Con una linterna de este género, fué á la cima de una montaña, mientras que otra persona, provista de una linterna semejante, se colocó en una altura vecina. Galileo le habia recomendado que dejase caer su pantalla al mismo instante en que veria desaparecer la luz de la otra, pensando que si el movimiento de la luz es progresivo, mediaría cierto tiempo entre el momento en que dejaría caer su pantalla, y el que veria apagarse la otra linterna. Pero se engañaba; las dos luces desaparecian al mismo momento, de lo que concluyó que los rayos luminosos se mueven instantáneamente. Vamos á ver que esta consecuencia dependia de que no hacia sus observaciones sobre una grande escala.

Sea S. el sol, T. la tierra, J. Júpiter en el momento de conjuncion. Si se observa dos inmersiones de un satélite de Júpiter, una en oposicion y otra en conjuncion, y se repite despues la operacion en sentido inverso, se observa una inmersion en conjuncion y otra en oposicion, el tiempo que habrá trascurrido entre las dos primeras inmersiones observadas será mayor que el que separa las dos últimas, y la diferencia será de  $16' 26''$ . Ahora bien, esta diferencia no puede provenir mas que del tiempo que es necesario para que sean visibles las inmersiones de la conjuncion, esto es, del tiempo necesario para que la luz venga de J á T; y como las operaciones se han hecho en orden inverso, la diferencia  $16' 26''$  expresa el tiempo que ha empleado la luz para recorrer el gran diámetro de la órbita terrestre, que es de 68 000,000 de leguas. Luego la luz se mueve con una velocidad de cerca de 70,000 leguas por segundo.

Establecida la trasmision progresiva de la luz, deduzcamos de ella nuestra demostracion de la rotacion de la tierra.

Si la tierra permaneciese inmóvil, no debemos ver los astros

en el momento que llegasen al horizonte ó al meridiano, sino solamente despues del tiempo necesario para que los rayos luminosos que despiden pudiesen llegar hasta nosotros.

Si al contrario, se admite que la tierra es la que se mueve, debemos ver los astros en el mismo momento de su llegada; pues por efecto del movimiento de rotacion, vendria el ojo á colocarse en la línea de los rayos despedidos por los astros desde un tiempo mas ó menos considerable, llegando en este momento á los puntos del espacio que atravieza nuestro horizonte.

Ahora bien, ello es cierto que vemos los astros en el mismo momento de su llegada, y lo que lo prueba es que los pasos de Marte en el meridiano, por ejemplo, serian cada vez mas rápidos, ó mas tardos, segun se aproximase ó se alejase de nosotros el planeta, si fuese cierto que no le viésemos en el mismo momento que llega, es así que nada de esto se observa: luego necesariamente la tierra se mueve.

Teniendo la tierra, á corta diferencia, 9.000 leguas de circunferencia, los diferentes puntos del ecuador recorren en veinticuatro horas un círculo de semejantes dimensiones, esto es, de cerca de un décimo de legua por segundo. Esta es la velocidad de una bala de cañon.

Puesto que la tierra es la que da vuelta, se halla, como los demas cuerpos que obedecen á un movimiento análogo, dotada de una fuerza centrífuga, cuya intensidad, segun la experiencia y el cálculo, se halla en razon de los cuadrados de las velocidades de la circulacion, de lo que resulta, que bajo el ecuador se halla en su máximum la fuerza centrífuga, mientras que será nula en los polos. La intensidad de la gravedad será pues mas débil en el ecuador que en los polos, y esto es lo que demuestran las oscilaciones del péndulo, cuando se les trasporta de uno de estos puntos al otro. No obstante, no debe olvidarse que las oscilaciones, que por este medio resultan, no solamente dependen de la accion de la fuerza centrífuga, pues ya hemos visto que la distancia del centro es mas considerable en el ecuador que en los polos, y bien sabido es que la atraccion obra en razon inversa del cuadrado de las distancias.

Fácil nos será ahora dar cuenta de la razon porque se hallan deprimidos los polos, mientras que se halla protuberante el ecuador.

Como los demas planetas, la tierra debió hallarse primitivamente fluida, opinion que tienden á acreditar las observaciones y la teoría, y que en el dia se halla generalmente admitida. Establecido esto, demos á la tierra su movimiento de rotacion al



derredor de AB. Las moléculas que se hallan en el canal AB, esto es en las líneas de los polos, no se hallan dotadas de ninguna fuerza centrífuga, y por consiguiente, nada pierden de su peso. Al contrario, las moléculas que llegan al canal BC se hallan sometidas á la acción de la fuerza centrífuga que paraliza en parte la atracción, y son á proporción mas ligeras; de modo que será necesaria una cantidad mayor de ellas para mantener el equilibrio.

Fácil es imaginar un experimento que muestra que la velocidad de un movimiento de rotación produce un esferoide deprimido como el de la tierra. Sean dos tiras de carton ó de otra materia flexible dóblense en círculo, y colóquense en un eje para que puedan girar con él. Comuniquéseles un movimiento suave por medio del mango G, y ningún cambio experimentarán en las formas; pero si se les comunica un movimiento rápido, deprimense los polos y se alargan los círculos de los lados.

#### MOVIMIENTO ANUAL DE LA TIERRA.

Ya hemos visto que la tierra gira sobre sí misma en 24 horas, y que el movimiento aparente de la esfera no es mas que una ilusión. Fáltanos ahora indagar si el movimiento anual del sol es real, ó si no es mas que una apariencia debida al movimiento de la tierra, pues la experiencia nos ha enseñado á desconfiarlos de nuestros sentidos.

Pero empecemos por describir este movimiento. Si se observa el sol cada dia, se reconoce que adelanta todas las 24 horas de  $1^\circ$  hácia el oriente. Ahora bien,  $1^\circ$  corresponde á 4 minutos de tiempo; luego el sol llega 4 minutos mas tarde en el plano del meridiano, de modo que al cabo de 90 dias llegará seis horas mas tarde que la estrella con la cual primitivamente llegaba. Despues 180 dias, ambos se presentarán al mismo tiempo en el plano del meridiano; pero uno estará en el meridiano superior y otro en el meridiano inferior. Por último, despues de 365 dias y  $\frac{1}{4}$ , se volverán á hallar al mismo tiempo en el meridiano. La línea que habrá trazado el sol en este movimiento es la eclíptica, cuyo plano se halla inclinado al ecuador de  $23^\circ 28'$ . Los puntos mas elevados de la eclíptica han recibido el nombre de *solsticios*, porque el sol parece detenerse en este punto, y los equinoccios, esto es, la época en la cual los dias iguales á las noches, tienen lugar cuando el sol se halla en el plano del ecuador, lo que sucede dos veces por año.

Tal es la marcha que parece seguir el sol en el curso de un

año. ¿Pero su movimiento es real? ¿No es mas bien la tierra la que recorre la eclíptica y da lugar á las apariencias que observamos?

Si nos abandonamos á las inducciones de la analogía, se reconocerá que es mas natural admitir que la tierra, á la cual solo falta el movimiento de revolución para ser contada entre los planetas, se halle realmente dotada de este movimiento, que pretender que el sol venga, con toda su escolta de planetas, circular al derredor de la tierra, contra las leyes de atracción. Pero esta probabilidad tan grande ya del movimiento de traslación de la tierra adquirirá el último grado de certitud, cuando de la demostración de los fenómenos que tan naturalmente explica, deduciremos demostraciones que disiparán todas las dudas.

En efecto, si se admite la hipótesis de la inmovilidad de la tierra como podremos explicar el fenómeno de las estaciones y retrocesos de los planetas? ¿Y que hay mas natural que esta explicación en la hipótesis contrario?

Ya hemos visto, al tratar de los planetas, que estos cuerpos parecen moverse, unas veces de occidente á oriente, otras de oriente á occidente, y á veces quedar estacionarios. Tal es el fenómeno. Ahora bien, supongamos que la tierra se mueve en la eclíptica, y veamos como se pasan las cosas en esta hipótesis. Sea S el sol, T la tierra, y M Marte, por ejemplo. La tierra moviéndose mas rápidamente que Marte, será en T cuando este planeta no será mas que en M. Luego, en virtud de la ilusión de que ya hemos hablado, Marte habrá parecido retrogradar del lado de M. Pero cuando la tierra está en T', inclinándose aún mas la línea que muestra, parecerá que Marte marcha adelante.

Tal es la hipótesis del movimiento de la tierra, la explicación natural y fácil del fenómeno de las estaciones y retrocesos: explicación que no se encuentra en ningún otro sistema.

Bradley, procurando determinar el paralaxe anual de las estrellas fijas, descubrió que no son inmóviles, sino que parecen describir, en el tiempo que emplea la tierra en recorrer la eclíptica, las que se hallan en el plano de la órbita terrestre, líneas rectas; esta órbita, círculos; por último las que están en los planos intermedios, elipses mas ó menos aplanadas, segun están mas ó menos próximas á una ó á otra de estas posiciones. Este es el fenómeno de la aberración de la luz, el cual va á darnos una nueva demostración del conocimiento de traslación de la tierra por el espacio.

Recordemos primeramente que la luz invierte cierto tiempo en venir á nosotros desde las estrellas. Sentado esto, sea CA un



rayo luminoso que caiga perpendicularmente sobre la línea BD. Si el ojo está fijo en A, entonces verá el objeto en la dirección AC, ora se propague la luz, ora se mueva instantáneamente; pero si el ojo está en movimiento desde B hacia A y la luz se propaga con una velocidad que sea á la del movimiento del ojo como CA es á BA, mientras que el ojo va de B á A irá allí á A desde C. Unamos, pues, los dos puntos B y C por medio de la línea BD y de un diámetro tal, que no pueda admitir mas que una partícula de luz en C que hará visible el objeto cuando llegue el ojo á A impelido de su movimiento, pasa al través del tubo BC que acompaña al ojo durante aquel, conservando su inclinación. Ahora, supuesto que la partícula de la luz ha llegado al ojo al través del tubo BC, el ojo verá el objeto en la dirección de este tubo. Si en vez de suponer á este último pequeño sobre manera hacemos que sea el eje de otro tubo mayor, la partícula de luz pasará siempre al través de este eje, si está convenientemente inclinado. Por la misma razón, si el ojo va de D á A, este tubo CD debe estar inclinado en sentido contrario.

De aquí se infiere que si la tierra se mueve no vemos las estrellas en su posición verdadera, sino algo adelantadas, y la diferencia entre su posición real y su posición aparente es al seno de su inclinación visible sobre el plano de la atmósfera como la velocidad de la tierra es á la velocidad de la luz.

Fácil es admitir ahora que admitido el movimiento de la tierra, las estrellas fijas deben presentar el fenómeno observado por Bradley, y la explicación que de esto acabamos de dar, imposible de cualquiera otro modo, constituye la prueba mas poderosa del movimiento de revolución de nuestro globo.

No es, pues, la tierra el centro fijo en cuyo derrador gravitado el universo, sino un pequeño planeta del sistema solar que obedece, como todos los demas, al sistema de la atracción. Su distancia del sol es de 34,500,000 leguas. Su revolución anual se verifica en 265 dias 5 horas 48' 39", que es lo que se llama su año trópico, pero el tiempo que tarda en acabar aquella tomando una estrella por punto de partida y de llegada es de 365 dias 6 horas 9' 12" que es lo que se llama el año sideral. La rotación de la tierra sobre su eje se hace en 24 horas que es la longitud del dia natural. Su diámetro es de 2865 leguas. Un punto del ecuador recorre  $\frac{1}{10}$  de legua por segundo en virtud del movimiento de rotación, y aunque la tierra se mueve en la eclíptica con una velocidad de 7 leguas por segundo, su movimiento es casi la mitad menos rápida que el de Mercurio. El diámetro de la órbita terrestre es de cerca de 68 millones de leguas.

## DE LAS DESIGUALDADES SECULARES Y PERIODICAS.

Una vez que todos los cuerpos se atraen mutuamente, segun las leyes que hemos determinado, los globos de nuestro sistema deben contrariarse recíprocamente en su camino, y experimentar una infinidad de perturbaciones. Así sucede efectivamente, y este es el mayor triunfo del sistema de la atracción. No hay ninguna de estas dislocaciones, no hay ninguna de estas perturbaciones, que no determine esta teoría del modo mas riguroso, por mínimas que sean.

Las irregularidades que experimentan los movimientos de los planetas y de sus satélites han recibido el nombre de *desigualdades*. Hay desigualdades *seculares* y desigualdades *periódicas*. No quiere decir esto que las primeras no sean tambien periódicas, pero se ha querido significar que solo ocurren con muchísima lentitud, al paso que las otras se verifican en término bastante reducido.

No obstante, estas disoluciones son determinadas y hay límites de que no pueden salir. Así las curvas descritas pueden ser mas ó menos irregulares, alejarse ó acercarse mas ó menos de la forma circular, pero nunca variará la distancia del sol; el ángulo de inclinación del eje sobre la órbita puede tener igualmente algunas alteraciones, pero estas no traspasarán ciertos límites.

Nuestra intención es hablar aquí solamente de las mas notables desigualdades de la luna y la tierra,

## DESIGUALDADES ENTRE LA LUNA Y LA TIERRA.

Cuando la luna se encuentra en conjunción, ó lo que es lo mismo, cuando llega á colocarse entre el sol y la tierra en virtud de su movimiento de revolución, se encuentra entonces mas próxima al primero de estos astros que en la oposición opuesta, y como la atracción solar tiene mas intensidad, crecerá la distancia de la luna á la tierra. Cuando por el contrario la luna está en oposición, es decir que la tierra se encuentra, entre el sol y ella, el sol trae á la tierra con mas fuerza alejándole á su vez de su satélite. En las cuadraturas, la acción del sol deja predominar á la acción de la tierra. Concíbese que el efecto inmediato de estas dislocaciones es influir en la velocidad del movimiento de la luna. Efectivamente se nota que este movimiento se retarda desde la conjunción á la primera cuadratura, y que



rayo luminoso que caiga perpendicularmente sobre la línea BD. Si el ojo está fijo en A, entonces verá el objeto en la dirección AC, ora se propague la luz, ora se mueva instantáneamente; pero si el ojo está en movimiento desde B hacia A y la luz se propaga con una velocidad que sea á la del movimiento del ojo como CA es á BA, mientras que el ojo va de B á A irá allí á A desde C. Unamos, pues, los dos puntos B y C por medio de la línea BD y de un diámetro tal, que no pueda admitir mas que una partícula de luz en C que hará visible el objeto cuando llegue el ojo á A impelido de su movimiento, pasa al través del tubo BC que acompaña al ojo durante aquel, conservando su inclinación. Ahora, supuesto que la partícula de la luz ha llegado al ojo al través del tubo BC, el ojo verá el objeto en la dirección de este tubo. Si en vez de suponer á este último pequeño sobre manera hacemos que sea el eje de otro tubo mayor, la partícula de luz pasará siempre al través de este eje, si está convenientemente inclinado. Por la misma razón, si el ojo va de D á A, este tubo CD debe estar inclinado en sentido contrario.

De aquí se infiere que si la tierra se mueve no vemos las estrellas en su posición verdadera, sino algo adelantadas, y la diferencia entre su posición real y su posición aparente es al seno de su inclinación visible sobre el plano de la atmósfera como la velocidad de la tierra es á la velocidad de la luz.

Fácil es admitir ahora que admitido el movimiento de la tierra, las estrellas fijas deben presentar el fenómeno observado por Bradley, y la explicación que de esto acabamos de dar, imposible de cualquiera otro modo, constituye la prueba mas poderosa del movimiento de revolución de nuestro globo.

No es, pues, la tierra el centro fijo en cuyo derrador gravitado el universo, sino un pequeño planeta del sistema solar que obedece, como todos los demas, al sistema de la atracción. Su distancia del sol es de 34,500,000 leguas. Su revolución anual se verifica en 265 dias 5 horas 48' 39", que es lo que se llama su año trópico, pero el tiempo que tarda en acabar aquella tomando una estrella por punto de partida y de llegada es de 365 dias 6 horas 9' 12" que es lo que se llama el año sideral. La rotación de la tierra sobre su eje se hace en 24 horas que es la longitud del dia natural. Su diámetro es de 2865 leguas. Un punto del ecuador recorre  $\frac{1}{10}$  de legua por segundo en virtud del movimiento de rotación, y aunque la tierra se mueve en la eclíptica con una velocidad de 7 leguas por segundo, su movimiento es casi la mitad menos rápida que el de Mercurio. El diámetro de la órbita terrestre es de cerca de 68 millones de leguas.

## DE LAS DESIGUALDADES SECULARES Y PERIODICAS.

Una vez que todos los cuerpos se atraen mutuamente, segun las leyes que hemos determinado, los globos de nuestro sistema deben contrariarse recíprocamente en su camino, y experimentar una infinidad de perturbaciones. Así sucede efectivamente, y este es el mayor triunfo del sistema de la atracción. No hay ninguna de estas dislocaciones, no hay ninguna de estas perturbaciones, que no determine esta teoría del modo mas riguroso, por mínimas que sean.

Las irregularidades que experimentan los movimientos de los planetas y de sus satélites han recibido el nombre de *desigualdades*. Hay desigualdades *seculares* y desigualdades *periódicas*. No quiere decir esto que las primeras no sean tambien periódicas, pero se ha querido significar que solo ocurren con muchísima lentitud, al paso que las otras se verifican en término bastante reducido.

No obstante, estas dislocaciones son determinadas y hay límites de que no pueden salir. Así las curvas descritas pueden ser mas ó menos irregulares, alejarse ó acercarse mas ó menos de la forma circular, pero nunca variará la distancia del sol; el ángulo de inclinación del eje sobre la órbita puede tener igualmente algunas alteraciones, pero estas no traspasarán ciertos límites.

Nuestra intención es hablar aquí solamente de las mas notables desigualdades de la luna y la tierra,

## DESIGUALDADES ENTRE LA LUNA Y LA TIERRA.

Cuando la luna se encuentra en conjunción, ó lo que es lo mismo, cuando llega á colocarse entre el sol y la tierra en virtud de su movimiento de revolución, se encuentra entonces mas próxima al primero de estos astros que en la oposición opuesta, y como la atracción solar tiene mas intensidad, crecerá la distancia de la luna á la tierra. Cuando por el contrario la luna está en oposición, es decir que la tierra se encuentra, entre el sol y ella, el sol trae á la tierra con mas fuerza alejándole á su vez de su satélite. En las cuadraturas, la acción del sol deja predominar á la acción de la tierra. Concíbese que el efecto inmediato de estas dislocaciones es influir en la velocidad del movimiento de la luna. Efectivamente se nota que este movimiento se retarda desde la conjunción á la primera cuadratura, y que



se acelera desde la cuadratura á la oposicion. La velocidad disminuye luego hasta la segunda cuadratura, y crece despues nuevamente hasta la conjuncion. Estas desigualdades se llaman *variaciones*.

Cuando la luna acompaña á la tierra en su movimiento al derredor del sol, y la tierra se acerca ó se aleja mas ó menos de este astro en este movimiento, se ve desde luego que esta variacion de distancias modificará los fenómenos que acabamos de describir. Esta nueva especie de desigualdades ha recibido el nombre de *ecuacion anual*.

Ya hemos visto, al tratar de la luna, que sus nudos se mueven sobre la ecliptica de oriente á occidente y recorren  $19^{\circ} 3286$  al año, lo cual hace una revolucion completa en cerca de 10000 diez y ocho años, siete meses y medio, ó mas exactamente, en  $6788 \frac{34019}{10000}$  dias. Este movimiento de los nudos de la órbita lunar, y las variaciones de su inclinacion sobre la ecliptica se deben á la accion del sol. En efecto, cuando la luna se acerca al plano de la ecliptica en su movimiento de revolucion al derredor de la tierra, la fuerza de atraccion del sol lo hace bajar y adelanta así el momento en que debe cortar el plano de la ecliptica. De aquí procede el *movimiento retrógrado de los nudos*, y el cambio de inclinacion de la órbita sobre la ecliptica.

La fuerza atractiva de la tierra sobre la luna varia de intensidad segun que esta última está en el apogeo ó en el perigeo, y deja, por consiguiente, mas ó menos influencia á la atraccion solar. De aquí las dilataciones y contracciones de la órbita lunar, cuyas desigualdades se llaman *erecciones*.

Pero lo mas notable de estas desigualdades es la *precision de los equinoccios*. El sol no corta todos los años al ecuador en el mismo punto. Si cierto dia le corta en un punto, al propio dia del año siguiente le corta en otro situado á  $50''$ ,  $103$  al oeste del primero, y llega así al equinoccio  $20'$   $23''$  antes de haber terminado su revolucion en el cielo, ó pasado de una estrella fija á otra. Así el año trópico, ó año verdadero de las estaciones, es mas breve que el año sideral. La precision de los equinoccios es un efecto de la atraccion solar que se hace sentir con mas intensidad sobre la elevacion del ecuador que trabaja para hacerle caer en el plano de la ecliptica, pero que subsiste en su inclinacion por efecto del movimiento de rotacion. Retrocediendo despues, cada año al oeste  $50''$ ,  $103$ , los equinoccios hacen una revolucion perfecta en  $25,867$  años. Así Aries ó el Carnero, que otro tiempo correspondia al equinoccio de primavera, se encuentra ahora  $30^{\circ}$  mas al occidente, aunque continúe siempre cor-

respondiendo al equinoccio por un convenio de los astrónomos.

El movimiento retrógrado de los puntos equinocciales hace describir al eje de la tierra en virtud de un movimiento cónico un pequeño círculo cuyo diámetro es igual á dos veces su inclinacion sobre la ecliptica, es decir,  $46^{\circ} 56'$ . Sea NZSVL la tierra; su eje se prolonga hasta las estrellas, y va á dar en A polo norte al actual del cielo, que es vertical á N polo norte de la tierra; sea EOQ el ecuador, TZ el trópico de Cáncer, y IUT el de Capricornio; VOZ la eclíptica y BO su eje, que debe ser considerado como inmóvil, por que la eclíptica pasa siempre por las mismas estrellas. Pero como los puntos equinocciales retroceden en este plano, el eje de la tierra SON están en movimiento sobre el centro O de la misma; de manera que irá describiendo el cono doble NOZ y SOZ en derredor del de la ecliptica BO mientras que los puntos equinocciales caminan en torno de este plano, es decir en  $25,867$  años, y en este largo intervalo el polo oeste del eje de la tierra describe el círculo ABCDA en cielo estrellado en derredor del polo de la ecliptica que permanece inmóvil en el centro del círculo. Teniendo el eje de la tierra sobre el de la ecliptica una inclinacion de  $23^{\circ} 28'$ , el círculo ABCDA descrito por el polo norte del eje de la tierra prolongado en A, tendrá cerca de  $46^{\circ} 36'$  ó el doble de la inclinacion del eje de la tierra. Y su consecuencia, el punto A que ahora es el polo norte del cielo, y está cerca de una estrella de grande magnitud al fin de la cola de la osa menor, debe ser abandonado por el eje de nuestra planeta, que retrocediendo un grado en 71 años y  $\frac{2}{3}$  estará directamente hácia la estrella del punto B en 6447 años y  $\frac{2}{3}$  y en el doble de este tiempo, ó sean 12,895 años y  $\frac{1}{2}$  directamente hácia la estrella del punto C que entónces será el polo norte del cielo. La posicion actual del ecuador EOQ se cambiará en eOq; el trópico de Cáncer TZ en Vt' el de Capricornio Vt' en tZ; y en fin, el sol que en la parte del cielo en que está ahora sobre el trópico terrestre de Capricornio produce los dias mas cortos y las noches mas largas en el hemisferio del norte, y estará entónces sobre el trópico terrestre de Cáncer donde ocasiona los dias mas largos y las noches mas cortas. Este efecto no se hará sentir dentro de 12,895 años, empezando á contar desde el punto C y si se cuenta desde el punto de partida A dentro de 25,867 años que son los necesarios para que el polo norte haga una revolucion completa y se encuentre en un punto del cielo que sea vertical á aquel en que ahora se encuentra.

Ya habia descubierto Bradley la aberracion de la luz y estaba haciendo nuevas observaciones para comprobarla, cuando eché



de ver que el eje terrestre se inclina unas veces mas y otras menos hácia la eclíptica causando las mismas variaciones en la inclinacion de los planos de la y eclíptica y del ecuador, y que describen en torno del polo medio tomado como centro, una pequeña elipse cuyo eje mayor subtende un arco celeste de  $20'' 153$ , y el eje menor uno de  $15'' 001$ . Esta elipse se describe en el mismo tiempo que el eje de la luna, es decir, en 18 años 7 meses poco mas ó menos. Como el período de la rotacion es precisamente lo mismo que el del movimiento de los nudos de la luna estos dos fenómenos están ligados necesariamente entre sí. Efectivamente, la atraccion de la luna, que se hace sentir con mayor intensidad en las regiones ecuatoriales que en los polos, es la que produce el fenómeno de la *nutacion*.

Por último, ademas de las dos desigualdades que acabamos de ver existen en los movimientos de la tierra, que son las dos principales á que este planeta se halla sentido, encontraremos todavía otra de bastante importancia, la cual es el resultado de la aglomeracion de atracciones que ejercen sobre nuestro globo los planetas reunidos: esta desigualdad es la excesiva dislocacion del plano de la eclíptica en el cielo, y la disminucion por el ciclo de la inclinacion que tiene sobre el ecuador en una cantidad de  $25'' 1,154$ , poco mas ó menos (sobre la centésima parte de la precision ó sea  $\frac{1}{2}$  año,  $1'$  despues de 115 años y  $1^\circ$  al cabo de 6,900 años.)

Esta alteracion de oblicuidad en la inclinacion de la eclíptica sobre el ecuador está confirmada por el cálculo y las observaciones de los antiguos astrónomos. Pruébese comparando la actual posicion de las estrellas relativamente á la eclíptica, con la que tenían en los primeros tiempos. De esta manera se viene en conocimiento que de aquellas que estaban situadas al norte de la eclíptica, segun el testimonio de los antiguos, están ahora mas adelantadas hácia el norte y mas remotas de este plano; que las que estaban al medio dia de la eclíptica cerca del solsticio de verano se han acercado á este plano; y en fin que algunas se encuentran comprendidas en él, y aun le han llegado á pasar dirigiéndose hácia el norte. Alteraciones opuestas se observan hácia el solsticio de invierno.

No obstante, Laplace ha demostrado que no siempre irá creciendo esa oblicuidad de la eclíptica, sino que llegará tiempo en que este movimiento empezaria á hacerse mas lento, y luego á cesar enteramente para comenzar de nuevo en sentido contrario. De esta manera habria un balanceo que no pasaria de uno á tres grados.

## LECCION XI.

## DE LOS COMETAS.

Fáltanos explicar una numerosa clase de cuerpos celestes que han dado lugar á las mas encontradas opiniones. Vamos á hablar de los cometas, de esos astros cuya aparicion ha causado la sorpresa y terror entre los hombres.

Empecemos por establecer algunas definiciones.

La palabra *cometa* significa estrella con cabellos segun la etimologia.

LLámase *núcleo* el punto céntrico, el cual se halla mas ó menos luminoso.

La nebulosidad de que está rodeado el núcleo se llama *cabe-llera*.

Los regueros luminosos de que van acompañados la mayor parte de los cometas recibían en otro tiempo el nombre de *barba ó cola*, segun que estaban en la parte anterior ó posterior del astro. Ahora se llaman *colas*, sea cual fuere su posicion con respecto del cometa.

Por último se da el nombre de *cabeza* del cometa á la cabellera y núcleo reunidos.

En el dia, los astrónomos no reconocen como carácter esencial y distintivo del cometa la nebulosidad que suelen tener. Para que califiquen un astro de *cometa* les basta que esté animado de un movimiento propio y recorra una elipse de una excentricidad tal, que deje de ser visible durante cierto tiempo de su revolucion.

Las observaciones simultáneas hechas en los puntos del globo mas distantes entre sí, y la parte que toman los cometas en la general revolucion de la esfera, no permiten ya dudar que éstos sean, no meteoros formados en la atmósfera como antiguamente se creía, sino cuerpos permanentes y verdaderos astros.

Hase creído, durante mucho tiempo, que los cometas no seguian una direccion regular, que no estaban sometidos á las leyes que gobiernan los demas astros y que andaban errantes de sistema en sistema por la inmensidad del espacio. Pero despues de los descubrimientos de Kepler se quiso indagar si estos astros se sustraian á sus leyes y procuróse indagar sus órbitas. Para ello bastaba, como ya hemos visto, conocer tres posiciones de



de ver que el eje terrestre se inclina unas veces mas y otras menos hácia la eclíptica causando las mismas variaciones en la inclinacion de los planos de la y eclíptica y del ecuador, y que describen en torno del polo medio tomado como centro, una pequeña elipse cuyo eje mayor subtende un arco celeste de  $20'' 153$ , y el eje menor uno de  $15'' 001$ . Esta elipse se describe en el mismo tiempo que el eje de la luna, es decir, en 18 años 7 meses poco mas ó menos. Como el período de la rotacion es precisamente lo mismo que el del movimiento de los nudos de la luna estos dos fenómenos están ligados necesariamente entre sí. Efectivamente, la atraccion de la luna, que se hace sentir con mayor intensidad en las regiones ecuatoriales que en los polos, es la que produce el fenómeno de la *nutacion*.

Por último, ademas de las dos desigualdades que acabamos de ver existen en los movimientos de la tierra, que son las dos principales á que este planeta se halla sentido, encontraremos todavía otra de bastante importancia, la cual es el resultado de la aglomeracion de atracciones que ejercen sobre nuestro globo los planetas reunidos: esta desigualdad es la excesiva dislocacion del plano de la eclíptica en el cielo, y la disminucion por el ciclo de la inclinacion que tiene sobre el ecuador en una cantidad de  $25'' 1,154$ , poco mas ó menos (sobre la centésima parte de la precision ó sea  $\frac{1}{2}$  año,  $1'$  despues de 115 años y  $1^\circ$  al cabo de 6,900 años.)

Esta alteracion de oblicuidad en la inclinacion de la eclíptica sobre el ecuador está confirmada por el cálculo y las observaciones de los antiguos astrónomos. Pruébese comparando la actual posicion de las estrellas relativamente á la eclíptica, con la que tenían en los primeros tiempos. De esta manera se viene en conocimiento que de aquellas que estaban situadas al norte de la eclíptica, segun el testimonio de los antiguos, están ahora mas adelantadas hácia el norte y mas remotas de este plano; que las que estaban al medio dia de la eclíptica cerca del solsticio de verano se han acercado á este plano; y en fin que algunas se encuentran comprendidas en él, y aun le han llegado á pasar dirigiéndose hácia el norte. Alteraciones opuestas se observan hácia el solsticio de invierno.

No obstante, Laplace ha demostrado que no siempre irá creciendo esa oblicuidad de la eclíptica, sino que llegará tiempo en que este movimiento empezaria á hacerse mas lento, y luego á cesar enteramente para comenzar de nuevo en sentido contrario. De esta manera habria un balanceo que no pasaria de uno á tres grados.

## LECCION XI.

## DE LOS COMETAS.

Fáltanos explicar una numerosa clase de cuerpos celestes que han dado lugar á las mas encontradas opiniones. Vamos á hablar de los cometas, de esos astros cuya aparicion ha causado la sorpresa y terror entre los hombres.

Empecemos por establecer algunas definiciones.

La palabra *cometa* significa estrella con cabellos segun la etimología.

LLámase *núcleo* el punto céntrico, el cual se halla mas ó menos luminoso.

La nebulosidad de que está rodeado el núcleo se llama *cabe-llera*.

Los regueros luminosos de que van acompañados la mayor parte de los cometas recibían en otro tiempo el nombre de *barba ó cola*, segun que estaban en la parte anterior ó posterior del astro. Ahora se llaman *colas*, sea cual fuere su posicion con respecto del cometa.

Por último se da el nombre de *cabeza* del cometa á la cabellera y núcleo reunidos.

En el dia, los astrónomos no reconocen como carácter esencial y distintivo del cometa la nebulosidad que suelen tener. Para que califiquen un astro de *cometa* les basta que esté animado de un movimiento propio y recorra una elipse de una excentricidad tal, que deje de ser visible durante cierto tiempo de su revolucion.

Las observaciones simultáneas hechas en los puntos del globo mas distantes entre sí, y la parte que toman los cometas en la general revolucion de la esfera, no permiten ya dudar que éstos sean, no meteoros formados en la atmósfera como antiguamente se creía, sino cuerpos permanentes y verdaderos astros.

Hase creído, durante mucho tiempo, que los cometas no seguian una direccion regular, que no estaban sometidos á las leyes que gobiernan los demas astros y que andaban errantes de sistema en sistema por la inmensidad del espacio. Pero despues de los descubrimientos de Kepler se quiso indagar si estos astros se sustraian á sus leyes y procuróse indagar sus órbitas. Para ello bastaba, como ya hemos visto, conocer tres posiciones de



estos astros: 1º la longitud del nudo y la inclinacion; 2º la longitud del perihelio; 3º la distancia á dicho perihelio. Ademas de estos datos era menester saber el sentido del movimiento, porque los cometas son unas veces directos, otras retrógados, ofreciendo la única escepcion que tiene el hecho tan notable de que todos los globos de nuestro sistema se mueven de occidente á oriente. Se han determinado, pues, por este medio, las curvas que describen muchos de dichos cuerpos, y se ha encontrado que se mueven en elipses de muchísima escentricidad uno de cuyos focos está ocupado por el sol.

Apesar de eso, como los cometas fueron poco observados y eso mal, en lo antiguo faltan los elementos necesarios á la determinacion de su identidad lo que hace sea difícil señalar la vuelta de muchos de ellos, tampoco seria imposible que muchos describiesen parábolas, es decir, curvas abiertas cuyo foco está ocupado por el sol, y por consiguiente que no volviesen nunca. Como las circunstancias físicas de forma, belleza y brillo de los cometas varía muchas veces en el espacio de algunos dias, no pueden ser conocidos por ningunos de esos caracteres así es que no se hace de ellos ningun caso, y solo se fija la atencion en los elementos parabólicos. Pero, ¿es este un medio infalible de demostrar la inmensidad de los cometas que se han demostrado en diferentes épocas?

De que los elementos parabólicos de dos cometas sean diferentes, no hay que apresurarse á inferir que son dos astros distintos, porque un cometa puede al pasar cerca de un planeta, experimentar tal perturbacion que cambie enteramente su curva despues de esta alteracion. Pero, por el contrario, su identidad será muy probable si los dos astros, que se comparan tienen los mismos elementos parabólicos. No sería, sin embargo, imposible que dos cometas describiesen dos curvas semejantes en forma y posicion; pero cuando se reflexiona quanto es la diversidad de elementos sobre que debería caer esta semejanza, no se puede menos de admitir que dos cometas que se presentan con los propios elementos, solo son un astro idéntico y único.

Cuando se muestra un cometa, á fin de que los astrónomos tengan á mano dos medios de ver si es alguno de los aparecidos ya, hay un catálogo de los cometas, en que están apuntados por orden los elementos parabólicos de todos cuantos se han observado. Estos elementos son todavía muy cortos, pues las buenas observaciones hechas sobre los cometas tienen una fecha demasiado reciente. Hasta ahora solo se conoce la marcha de tres astrós de esta clase.

Habiendo calculado Halley en 1682 los elementos parabólicos de un cometa que se apareció en aquel tiempo, llamó su atencion la analogía que existía entre sus resultados y los logrados por Kepler respecto del otro que se habia presentado en 1607. Acudió á las observaciones mas antiguas y vió que los elementos de un cometa observado por Apian, en 1531, eran muy semejantes á los suyos. Infirió, pues, que era el mismo cometa que se mostraba por intervalos casi iguales de tiempo, es decir, cerca de cada 76 años, y se aventuró á predecir en virtud de estos datos, que volveria á mostrarse á fines de 1758 ó á principios de 1759. Pero habiendo calculado Clairault que atrasaria 618 dias por la accion de Júpiter y Saturno, no llegó efectivamente al perihelio el 12 de marzo de 1759. Este cometa es el primero cuya periodicidad se ha predicho y confirmádose hasta lo presente.

## COMETA DE 1770.

Este cometa fué descubierto por Messier, en el mes de junio de 1770, y Lexell encontró que en cinco años y medio habia recorrido una elipse, cuyo diámetro mayor era nada mas que tres veces el diámetro de la órbita terrestre.

Al saberse este resultado causó sorpresa que un cometa que hubiera debido mostrarse con frecuencia, teniendo una revolucion tan reducida, no hubiese sido observado antes de Messier, y se aumentó la admiracion cuando se vió que despues de algunos intervalos de cinco años y medio, no volvia á los diversos puntos de la órbita eclíptica de Lexell. Hoy dia, son enteramente conocidas las causas de esta misteriosa desaparicion que ocasionó tantos chistes y sandeces acerca del cometa perdido; y estas causas son consecuencia y corroboracion del sistema de la atraccion. Si el cometa lo habia sido visto cada cinco años y medio antes de su aparicion en 1770, era porque entonces describia una órbita enteramente distinta de la que habia recorrido, despues; y si no fué visto por segunda vez, se debió á haberse verificado de dia en 1776 su paso por el perihelio, y á que en las vueltas siguientes, su órbita habia experimentado tales alteraciones, que el cometa no habria podido ser reconocido si hubiese sido visible desde la tierra. La accion de Júpiter sobre este planeta fué la que le hizo acercarse y alejarse sucesivamente de nosotros ejerciéndose en sentido inverso.



LECCIONES  
COMETA DE PERIODO BREVE.

Fué descubierto este planeta en Marsella, el 26 de noviembre de 1817, por M. Pons. Sus elementos parabólicos determinados por M. Bouvard, hicieron que fuese reconocido por el observador, en 1805, y M. Encke demostró que solo tarda 1200 dias ó sean cerca de 3 años y  $\frac{1}{2}$  en recorrer su órbita. Observaciones posteriores han acreditado estos cálculos.

COMETA DE SEIS AÑOS Y TRES CUARTOS.

Fué descubierto en Johannisberg, el 27 de Febrero de 1801, por M. Biela. M. Gambart que lo observó algunos dias despues en Marsella, determinó sus elementos parabólicos, y encontró que ya habia sido observado en 1803 y en 1772.

Esté fué el cometa que asustó tanto á algunas gentes, porque se habia anunciado que vendria á tropezar con la tierra á su vuelta de 1832. Es cierto que el 29 de Octubre atravezó la órbita terrestre por un punto en que encontró la tierra solo un mes despues, pero estaba entónces de ésta mas de veinte millones, de leguas. Mas adelante hablaremos de la posibilidad del choque de la tierra con un cometa.

COMETA DE 1843.

La inesperada aparicion del cometa de 1843 ocupa en el día, la atención de París y de todas partes y en todos los periódicos se encuentran artículos, cartas, comunicados y observaciones de los curiosos y aficionados á la astronomía. Los verdaderos astrónomos conociendo la dificultad y lo arriesgado que sería dar un fallo sobre un fenómeno de tanta importancia, se toman tiempo para decidir observando y calculando sin cesar en sus respectivos observatorios para dar cuenta al público de sus trabajos y de los resultados que de ellos pueden inferirse. El estemporáneo calor que ha tenido París durante la estancia del cometa en el horizonte, ha dado márgen á mil hablillas, y á una porcion de absurdos é interpretaciones. Observa muy á tiempo un diario de París que habiendo gentes que creen ver un meteorito en el cometa, que habiendo quien lo confunda con la luz zodiacal, ó que se llama *nebulosa lactea*, solo muy pocos le han dado su verdadero nombre. Dejaremos esto á un lado lo mismo que á los periódicos que mezclando la política con la ciencia se valen de todos los medios posibles para manchar con sus cho-

carreras, reputaciones adquiridas á fuerza de estudio y ganadas con muchos trabajos que ovida el público en el momento en que solo en apariencia cometen una leve falta. Todo el mundo, en efecto, ha censurado á M. Arago y demas astrónomos franceses, acusándoles de no haber previsto la aparicion del cometa. ¿Pero qué crédito pueda darse; y con qué derecho arguyen personas que, por el flujo de servirse de palabras y términos que no conocen, colocan á Urano entre las constelaciones? Muchas otras sandeces, mas ó menos risibles podriamos enumerar, de que tanto han abundado los folletines franceses si á ello no se opusiera la gravedad del asunto que nos ocupa.

El 17 de abril se vió en París por primera vez, pero los periódicos de España y Portugal anunciaban ya su aparicion. Pareció ser uno de los astros mas asombrosos de que hace mencion la historia, y su cola que comprendia unos  $60^\circ$ , es decir, un cuarto de la bóveda celeste, atravesaba la constelacion de *Orion*, bajo un ángulo de  $40^\circ$ , y se perdía despues en el horizonte, iluminado aun por los últimos resplandores del crepúsculo vespertino el cuerpo del cometa estaba al parecer á gran distancia.

En las noches del 18 y 19 se vió el cuerpo del cometa en la constelacion de *Orion*, y de nuevo se observó la considerable magnitud de su apéndice caudato que aparecía como una franja blanca estendida en el horizonte. Refiriéndonos á las observaciones de estos dias, tenia la cola de  $41$  á  $42^\circ$  y  $1^\circ 13'$ , á corta diferencia de anchura. Se tiene noticias de cometas de cola mas larga, pero no se habla de prolongaciones caudatas tan delgadas. El de 1618 tenia un rastro luminoso tan desmesuradamente grande que cubria  $104^\circ$ , así es que, cuando su cuerpo estaba todavía debajo del horizonte, llegaba al zenit el extremo de su cola. El astro luminoso que apareció en 1744, era como suele decirse *barbuto*, esto es, compuesto de seis haces ó ramas que entre todas tenían  $44^\circ$  grados de ancho, algunas de las cuales pasaban de millones de kilómetros de largo. El de 1780 tenia  $90'$  de estension aparente y de 164 millones de kilómetros de estension absoluta. El de 1789 tenia  $68^\circ$  de longitud aparente, y asemejábase en su forma á un alfanje moruno.

De una carta del astrónomo Herschell extractamos lo siguiente. «La cola del enorme cometa que recorre el sistema planetario se estendia ayer tarde, en forma de estrellas luminosas, desde las estrellas  $\alpha$  y  $\mu$  de la constelacion *Liebre*, hasta las estrellas  $\gamma$  y  $\delta$  del *Eridano*. La porcion de la cola visible en el dia tiene  $30^\circ$  de longitud. Uno de sus extremos está aun debajo del ho-



rizonte, lo que nos hace suponer que su cola será dupla cuando menos.

Con fecha del 27 se recibieron en París noticias de la aparición del cometa en Alemania, y tanto aquí como en Inglaterra se ocupan incesantemente los astrónomos en hacer observaciones y recoger datos de un fenómeno tan interesante. M. F. Scott ha hecho, en Kensington, las observaciones siguientes:

“Cuando ví, por primera vez, el cometa, su punto más elevado llegaba apenas al cero de *Leporis*, y pasando por *Eridano*, se perdía de vista á los dos grados del horizonte. La cola tiene más de  $45^\circ$ . Las estrellas de quinta magnitud se veían al través del cometa, sin necesidad de antejo ni otro instrumento. Las nubes me imposibilitaron hacer observaciones el sábado, domingo y lunes. El martes por la noche, á las ocho menos diez minutos, desaparecieron las nubes pero no apercibí el rastro luminoso del viernes anterior, y en su lugar, una luz sombría y difusa que comenzaba en las *Pleyadas*, atravesaba la niebla que el horizonte cubría. Si aquella era la cola del cometa, podemos inferir que se movía con rapidez hacia el norte.” Las observaciones de Forester, astrónomo inglés, confirman la opinión anterior, pues, según él, el 20 y el 21 de marzo, el fenómeno consistía en un solo rastro luminoso, y comparando sus observaciones con las de Herschell, ejecutadas el 18 del mismo mes. época en que salía el cometa del horizonte en la dirección de la estrella *Eridano*, parece ser que en el espacio que media entre el 18 y el 27 de marzo ha avanzado el cometa algunos grados hacia el sol. También fué testigo Forester el 20 á las ocho, de una aurora boreal que supone ser una emanación del cuerpo del cometa.

Tales son en resumen las noticias que ha dado la prensa en estos últimos días.

A pesar de los vapores que desde el 19 han cubierto el horizonte de París, los astrónomos franceses han ejecutado el 27 su tercera observación. Esperando los datos necesarios para decidir si el cometa de 1843 es ó no un cometa ya conocido que pasa de nuevo por el horizonte, M. Arago comunica una carta de M. Plantamur, discípulo que fué del observatorio de París, y director en la actualidad del de Ginebra. Reunió este tres observaciones y calculó los elementos del cometa, pero en sus datos se advierte una circunstancia singular, y es que la distancia perihelia es más corta que el radio del sol, lo que quiere decir que el cometa había penetrado en la materia misma de aquel, atravesándole de parte á parte. El cálculo del astrónomo citado

se entabló de nuevo en París y al parecer no debe verificarse el curioso resultado que acabamos de indicar. Creemos inútil insistir en lo interesante que sería para la astronomía el tránsito de un cometa á través del disco solar.

Debemos á un astrónomo inglés, M. Cooper, una comparación entre la nueva aparición y los documentos históricos que se conocen en el particular. Carece desgraciadamente, de solidez, á pesar de lo cual la indicaremos con objeto de hacer patente la necesidad en que se encuentran los astrónomos de recurrir á meras hipótesis cuando comparan las actuales observaciones de cometas con las vagas descripciones de los cronistas. En el mes de Marzo de 1702 vió Maraldi, en Roma, un cometa cuya cola estaba en las inmediaciones de Orion, y cuyo cuerpo ó núcleo, perdiéndose en el horizonte, escapó á la vista del observador; 34 años antes de Cassini, en Marzo de 1668, vió en Bolonia una cola de cometa enteramente semejante y colocada en la misma región del cielo.

Cuando Cassini supo la observación de Roma, tuvo la idea de recorrer los documentos históricos con ánimo de ver si encontraba alguno que hiciera mención de otro cometa en relación con los dos ya observados. Aristóteles en su meteorología habla de un cometa terrible, según costumbre de los antiguos cometas, que apareció 373 años, antes de nuestra era, y á cuya presencia atribuye Aristóteles, las grandes inundaciones y temblores de tierra que en aquel entonces desolaron la Grecia. Apareció también en el mes de marzo, su cola era igualmente muy delgada, y su posición en el cielo la misma que la de los demás cometas. El intervalo de su aparición, y la de Cassini comprende 60 veces 34 años, por manera que las tres observaciones, la de Aristóteles, la de Cassini y la de Roma, guardan entre sí cierta relación. Cooper, en atención á la posición del astro en el cielo, sus apariencias físicas y la paridad de estaciones, pretende que el cometa actual está en relación con los anteriores; sin embargo para que todas las analogías existiesen fuera necesario que también el intervalo entre 1702 y 1843 se compusiera de un número múltiplo por 34.

Arago, por fin, combatió de nuevo las supersticiones populares que atribuyen á los cometas ciertos fenómenos terrestres, como elevación, inundaciones, temblores de tierra etc., y aunque es cierto que, durante la estancia del cometa en el horizonte, hemos tenido en París, como 1811, temperatura bastante elevada, y que en este año, como en 173, antes de nuestra era, ha habido temblores de tierra al aproximarse los cometas, también



lo es que ha habido muchos cometas en el horizonte, sin que se conmueva la tierra ni se eleve la temperatura. Es así mismo jugable que los años mas calientes, y en los que han sido mas violentos los temblores de tierra no se ha tenido la menor noticia del cometa.

Esto es cuanto podemos decir á los lectores, porque los cálculos que en este momento se verifican en el observatorio necesitan mucho tiempo; por lo tanto aconsejamos al público que no se fie de los datos y números hasta aquí publicados.

### CONSTITUCION FISICA DE LOS COMETAS.

Esta parte de la astronomía cometaria no está muy adelantada: vamos, no obstante, á manifestar cual es el estado de la ciencia acerca de la *cabellera*, el *núcleo* y la *cola* de los cometas.

Entre los ruidos de esta clase que hasta el día se han observado, hay muchos que no tienen cola, y varios que carecen de núcleo aparente; pero todos están rodeados de una nebulosidad á que se ha dado el nombre de *cabellera*.

Es tan tenue y diáfana la materia de que se compone esta nebulosidad, que deja pasar al través las luces menos vivas y se distinguen por entre ella las mas pequeñas estrellas.

En los cometas que tienen núcleo las partes de la cabellera próximas á éste son por lo general, tenues diáfanos y poco luminosas. Pero á cierta distancia del núcleo la nebulosidad se ilumina súbitamente hasta el punto de formar una especie de anillo luminoso en derredor del cometa. A veces se han visto hasta dos ó tres de estos anillos concéntricos separados entre si por intervalos oscuros. Fuera de eso, es fácil comprender que lo que se asemeja á un anillo circular en proyeccion, debe ser un casco esférico en realidad.

Cuando el cometa tiene cola, tiene el anillo la forma de un semi-círculo, cuya convexidad está vuelta hácia la parte del sol y de cuyos extremos salen los rayos mas apartados de la cola.

El anillo del cometa de 1811 tenia 10,000 legua de grueso, y estaba á una distancia de 12,000 leguas del núcleo. Los cometas de 1807 y 1799 tenían tambien anillos de un grueso de 12,000 y 8,000 leguas.

Hemos dicho que existian cometas sin núcleo aparente; estos indudablemente no son mas que globos de materia gaseosa; pero hay muchos que tienen núcleos bastante parecidos á los planetas en su forma y brillo. Estos núcleos son, en general, muy pequeños, no obstante de que algunas veces tienen grandes di-

mensiones, habiéndose medido algunos que tenían desde 11 hasta 1,089 leguas de diámetro.

Algunos astrónomos, apoyados en diferentes observaciones; han tratado de probar que el núcleo de los cometas es siempre diáfano, ó en otros términos, que los cometas no son mas que una mera aglomeracion de materias gaseosas. Pero ademas de que las observaciones citadas en apoyo de esta opinion no prueban nada en favor de los términos absolutos en que está formulada, están en abierta oposicion con otras observaciones dignas de confianza; y lo que resulta al parecer de la discusion de estas diferentes observaciones es que existen cometas que no tienen núcleo, cometas cuyo núcleo es tal vez diáfano, y por último cometa cuyo núcleo es sólido y probablemente opaco.

Por lo tocante á las colas de los cometas la ciencia tiene muy pocos datos, y arriesgado es aventurar una opinion.

Estos rastros luminosos están generalmente situados detras del cometa, á la parte opuesta del sol, si bien alguna vez se apartan mas ó menos de esta oposicion. Se ha encontrado que la cola se inclina generalmente hácia la region que el cometa acaba de dejar; tal vez sea esto efecto de la resistencia del éter, resistencia que con mas fuerza se hace sentir sobre la materia gaseosa de la cola que sobre el núcleo del cometa, y esta hipótesis adquirirá mas probabilidad, si se advierte que es tanto mayor la declinacion cuanto mas se aparta el observador de la cabeza. En este sistema la curvatura que á veces se observa en la cola es un resultado de estas diferencias de declinacion, cuya aplicacion está bastante acorde con la circunstancia de que la convexidad de la curvatura está siempre vuelta hácia la region á que se adelanta el cometa. La diferencia de densidad y brillo de la cola y de la materia nebulosa, la forma de aquella mejor acabada por la parte á que se hace el movimiento, todas estas circunstancias y algunas otras que se han encontrado por las observaciones se esplican fácilmente por esta hipótesis.

La cola del cometa se ensancha á medida que se aleja de la cabeza, y la region intermedia está ocupada generalmente por una faja oscura que se ha tomado por la sombra del cuerpo del cometa. Pero esta esplicacion no es admisible en todos los casos y cualquiera que sea la posicion de la cola respecto del sol. Mucho mejor se explica este fenómeno suponiendo que la cola es un cono hueco cuyo casco tiene cierto grueso. En efecto fácil es comprender que si así fuese, debe encontrar el ojo, mirando los bordes del cono, mayor cantidad de partículas nebulosas que no mirando la region central; y como la intensidad de la luz



está en razón del número de estas partículas fácilmente se explica la existencia de estas fajas luminosas, y del intervalo comparativamente oscuro.

A veces vense cometas de muchas colas. Por ejemplo, el de 1744 tenía el 7 y el 8 de Marzo hasta seis de ellas enteramente distintas y separadas entre sí por espacios oscuros.

La cola de los cometas tiene á veces dimensiones enormes. Se han visto algunos, tales como los de 1680, 1769 y 1816 que alcanzaban al zenit y sus colas llegaban todavía al horizonte. La del cometa de 1680 fué calculada en mas de cuarenta y un millones de leguas.

¿Pero que es la cola de los cometas? ¿Cómo se forma? ¿Cuáles son las causas que, de tantas maneras, modifican sus formas? ¿Cuáles son las que dan origen á la cabellera y cubiertas concéntricas de que á veces se forma. Hasta ahora no se han resuelto estas cuestiones de un modo satisfactorio.

A primera vista, la nebulosidad de los cometas no parece ser mas que un montón de vapores desprendidos del núcleo por la acción del sol; pero esta explicacion tan sencilla no da cuenta de la formacion de las cubiertas concéntricas, de la posicion variable de la cabellera, relativamente al sol, del aumento y disminucion de volumen, etc.

No obstante, hay nociones positivas sobre este último punto. Hevelio habia emitido la opinion que la nebulosidad aumenta de diámetro á medida que se aleja del sol, y Newton habia explicado este resultado diciendo que la cola de los cometas, formándose á espensas de la cabellera, debe disminuir ésta de volumen á medida que se aproxima del sol, y reciprocamente, aumentar de dimension despues de pasar por el perihelo, cuando la cola le vuelve la materia que habia recibido. No obstante, difícil parecia admitir que una masa gaseosa se dilatase á medida que se se alejaba del sol, para pasar á regiones mas frias, y la importante observacion de Hevelio logró poco favor hasta el momento en que vino acreditarla el cometa de corta duracion.

Kepler pensaba que la formacion de la cola de los cometas era el resultado del impulso de los rayos solares que desprendian y desparramaban á lo lejos las partes mas leves de la nebulosidad. Para que fuese admisible esta explicacion habriase de probar que los rayos solares tienen una fuerza impulsiva, pero no se ha encontrado en ellos nada de esto por las mas delicadas experiencias.

Y aun cuando se admitiese esta fuerza impulsiva, seria menester aun explicar por que la cola no está siempre situada á la parte opuesta del sol; porque se observa alguna vez muchas que

forman ángulos de tanta magnitud; porque algunas están animadas de un rapidísimo movimiento de rotacion; porque en fin hay cometas cuya cabellera parece muy ligera y sutil y apesar de esto no tienen cola.

Se han propuesto sobre esta materia otros muchos sistemas mas ó menos ingeniosos, pero que todos se estrellan en la dificultad de dar una explicacion conveniente de los fenómenos.

¿Son los cometas luminosos de suyo, ó no hacen mas que reflejar una luz ajena como los planetas? Esta importante cuestion no ha recibido todavía una solucion completa, pero hay varios medios de resolverla. Si la observacion llegase á descubrir en los cometas el fenómeno de las fases, luego desapareceria toda incertidumbre sobre el particular. A falta de fases podrá conseguirse el mismo objeto por medio de los fenómenos de la polarizacion. Véase por último otro tercer método cuya aplicacion desde que podrá efectuarse, disipará probablemente todas las dudas.

Supongamos un punto luminoso de suyo y sin sensibles dimensiones que arroje en derredor partículas luminosas por todo el espacio. Si á la distancia de un metro, por ejemplo, se reciben estas partículas luminosas sobre la esfera de un metro de radio, quedarán repartidas uniformemente sobre ella. Si se desprendiesen á la distancia de 2,3...100 metros las esferas tendrían 2,3...10000 metros de radio, y las moléculas luminosas se distribuirán en ella uniformemente, pero apartándose unas de otras en proporecion del ensanche de las superficies de las esferas. Pero como la geometría demuestra que las superficies esféricas crecen proporcionalmente á los cuadrados de los radios, el apartamiento de las partículas luminosas será igualmente proporcionado á los cuadrados de los radios ó, en otros términos, á los cuadrados de las distancias á que son recibidas las moléculas luminosas. Y estando la intensidad de la luz que ilumina un objeto en razon del número de rayos luminosos que llegan á herirle, se deduce de esta ley que, la intensidad luminosa de un punto disminuye en proporecion de los cuadrados de las distancias.

Es evidente que todos los puntos de esta superficie luminosa proyectarán, como el punto aislado de que hemos hecho mencion una luz que irá amortiguándose en razon inversa del cuadrado de las distancias. Solo que habiéndose aumentado el número de puntos luminosos, será mayor la cantidad total de luz desprendida, de donde se saca la consecuencia de que á iguales distancias la intensidad de la luz es proporcional al número de puntos luminosos.

La consecuencia de esta ley es que la intensidad de la super-



ficie, luminosa debe parecer la misma, cualquiera que sea la distancia á que esta se traslade, con tal que subtenda siempre un ángulo sensible.

Cuando se quiere comparar no la propiedad iluminante, sino la intensidad luminosa de dos superficies es menester tomar dos porciones iguales en cada una de ellas y ver cual es la mas brillante. Esto supuesto digo que si dadas dos superficies luminosas se dejan ver al ojo espacios de estas superficies de las mismas dimensiones por aberturas iguales y estos dos espacios aparentan tener la propia intensidad, sucederá igualmente lo mismo cuando se traslade á mayor distancia una de las superficies, con tal que parezca siempre llena la abertura por donde se ve una parte de ella.

Efectivamente si, por una parte, cada punto luminoso comunica al ojo un número de rayos que está en razon inversa del cuadrado de la distancia, por otra, crece en igual proporcion el número de puntos luminosos que descubre el ojo por la misma abertura, de modo que no habrá pues variado la intensidad del espacio visible de la superficie luminosa. El sol v. g. visto desde Urano, parece un círculo de 100 segundos; separemos en el sol una superficie circular de 100 segundos por medio de una pantalla horada por una abertura y tendremos un sol igual al de Urano en magnitud y resplandor.

Veamos ahora el uso que puede hacerse de estos principios. Esta cuestion equivale para nosotros á esta otra: ¿De que modo deja de ser visible un cometa? Si su desaparicion es un efecto de la escesiva meagua de sus dimensiones y no de la amortiguacion de su luz, el astro es luminoso de suyo; pero si conservando todavia el cometa grandes dimensiones su luz se amortigua por grados y acaba por apagarse, agena es esta luz indudablemente.

Las observaciones hechas hasta ahora prueban al parecer que esta es la verdadera causa de su desaparicion, y de consiguiente que los cometas no reflejan mas que una luz prestada.

Sin embargo, pudiera suceder que esta consecuencia no fuese rigorosa. Ya hemos visto antes que hoy es cosa probada que la nebulosidad de los cometas va aumentándose á medida que el astro se aleja del sol. ¿No podría verificarse que esta progresiva dilatacion fuera amortiguando por grados su luz? Habrá pues necesidad de no perder de vista esta causa de la amortiguacion, y demostrar que es insuficiente para explicar la desaparicion de los cometas. Esta complicacion del problema nos hace mucho mayor la dificultad.

Con la astronomia cometaria están enlazadas algunas cuestio-

nes que vamos á examinar sucesivamente.

*¿Influyen conocidamente los cometas en el curso de las estaciones?*

Las preocupaciones del pueblo han respondido ya afirmativamente á esta pregunta, citando en su apoyo ejemplos en que no se echan en olvido el hermoso cometa de 1811 y la abundante cosecha que sobrevino despues.

Se ha tratado de indagar, consultando las observaciones termométricas que se hacen muchas veces al dia en los observatorios, si las temperaturas medias de los años fecundos en cometas eran mas elevadas que las de los demas, y no se ha notado diferencia sensible.

El resultado de estas observaciones está de acuerdo con los datos de la teoria. En efecto, ¿por qué linage de accion podrian los cometas modificar nuestra temperatura? Estos astros no pueden, á su distancia, tener influencia alguna sobre la tierra, mas que por vía de atraccion, por los rayos luminosos y caloríficos que desprenden y la materia gaseosa de su cola que podria desparramarse por nuestra atmósfera.

La fuerza atractiva de los planetas podria causar muy bien mareas análogas á las ocasionadas por la luna si tuviera la necesaria intensidad; pero no se ve como pudiera resultar de ella una elevacion de temperatura. Los rayos luminosos y caloríficos que los cometas desprenden ó reflejan tampoco serian capaces de producir este resultado, porque su intensidad es mucho menor que la de los que vienen de la luna, los cuales no causan ningun efecto sensible concentrados en el foco de los mayores lentes.

Por último, la entrada de parte de la cola de los cometas dentro de la atmósfera terrestre, no puede considerarse igualmente como causa de la elevacion de temperatura que á estos astros se atribuye, porque la cola v. g. del cometa de 1811 que tenia 41 millones de leguas, no llegó á alcanzar jamas á la tierra que se mantuvo siempre á una distancia de muchos millones de aquella. *¿Puede suceder que un cometa llegue á tropezar alguna vez con la tierra ú otro planeta cualquiera?*

Los cometas se mueven en todas direcciones, y describen elipses sumamente prolongadas que atraviesan nuestro sistema solar y cortan las órbitas de nuestros planetas. No habria pues imposibilidad de que tropezasen con algunos de estos astros, y así el choque de la tierra con un cometa es posible en rigor; pero al mismo tiempo es sobremanera improbable.

La evidencia de esta proposicion será completa, si se compara el pequeño volumen de la tierra y de los cometas con la inmensidad del espacio en que se mueven estos globos. El cálculo de



las probabilidades de medios de evaluar numéricamente los casos posibles de este encuentro, y demuestra que puede suceder uno por cada 281 millones de veces es decir que al aparecerse un cometa desconocido se pueden apostar 281 millones contra uno á que no se tropezará con nuestro globo. Se ve pues lo ridículo que sería que el hombre se cuidara de semejante peligro en los pocos años que debe pasar sobre la tierra.

Por lo demas, serian espantosos los efectos de semejante choque. Si la tierra tropezase en términos de quedar paralizado su movimiento de traslacion, todo lo que no es adherente á su superficie, como las aguas, los animales, etc., se escarparian de ella con una velocidad de siete leguas por segundo. Si el choque no hiciese mas que detener el movimiento de rotacion, los mares se saldrian de madre y cambiarian el ecuador y los polos. Pero dejamos pintar estos terribles efectos al autor de la *Mecánica celeste*. "Una vez cambiados el eje y el movimiento de rotacion, los mares dejarian sus antiguas posiciones para precipitarse hácia el nuevo ecuador; mucha parte de los hombres y de los animales serian ahogados en este dilubio universal ó anquilados por esta violenta sacudida dada al globo terrestre, especies enteras serian destruidas; todos los movimientos de la humana industria trastornados; tales son los desastres que ha debido producir el choque de un cometa. Entonces se ve porqué el océano ha cubierto ártimas montañas en que ha dejado las huellas incontestables de su estancia; por último se explica la fecha reciente del mundo moral cuyos monumentos no apenas esceden á 300 años. Reducida la especie humana al estado mas desastroso, limitada á un corto número de individuos y dedicada exclusivamente durante un largísimo espacio de tiempo á cuidar de su conservacion, ha debido perder enteramente el recuerdo de las ciencias y de las artes: y cuando los progresos de la civilizacion desarrollaron otra vez sus necesidades, fué menester empezar de nuevo como si no hubiese habido antes hombres sobre la tierra.

*¿Ha tropezado alguna vez nuestro globo con algun cometa, como cree el autor que acabamos de citar?*

Algunos sabios de nota han opinado que el eje de la rotacion de la tierra no ha sido siempre el mismo. Esta opinion la fundan en las consideraciones sacadas de que los diversos grados medidos en cada meridiano entre el polo y el ecuador no dan todos, combinados de dos en dos, el mismo valor para el aplanamiento de los polos. La diferencia de estos resultados es una prueba á

sus ojos de que cuando la tierra, líquida todavía, tomó la forma esférica, no giraba sobre el mismo eje de rotacion que ahora.

Pero facil es convencerse de que un cambio de eje no puede ser la causa de las discordias que ofrecen los valores de los grados encontrados por la observacion, con los que resultan de cierta hipótesis de aplanamiento, porque aquellas no siguen una marcha regular y sucesiva, sino arbitraria, siendo el resultado de accidentes geológicos que hoy dia se sabe que pueden existir en las llanuras lo mismo que en las montañas.

Pasemos ahora á otras consideraciones.

Si á un cuerpo esférico y homogéneo, suspendido libremente en el espacio, se comunica un movimiento de rotacion, el eje de esta permanece constantemente invariable. Si este cuerpo tiene cualquiera otra forma, su eje de rotacion puede cambiar á cada momento, y esta multitud de ejes en torno de los cuales solo ejecuta parte de su revolucion, llámense *ejes instantáneos de rotacion*. Por último, la geometría demuestra que todo cuerpo puede girar de una manera constante é invariable en derredor de tres ejes perpendiculares entre sí, y que pasan por su centro de gravedad, cualesquiera que sean su figura y sus variaciones de densidad de una á otra region. Llámaseles *ejes principales de rotacion*.

Supuesto esto indagemos si el eje, en torno del cual ejecuta la tierra su revolucion, es un *eje instantáneo* ó un *eje principal*. En el primer caso el eje variará á cada momento, el ecuador experimentará las dislocaciones correspondientes, y las latitudes terrestres que no son más que las distancias angulares de los diferentes puntos á aquel cambiarian igualmente. Pero la observacion de las latitudes que se hace con grandísima exactitud no atestigua ninguna alteracion de esta clase, pues las latitudes de la tierra son siempre constantes; luego la tierra gira al derredor de un eje principal.

De aquí es fácil inferir la prueba de que nunca ha tropezado la tierra con ningun cometa, porque el efecto de ese choque habria sido sustituir el eje principal por un eje instantáneo, y las latitudes terrestres experimentarían hoy continuas variaciones no confirmadas por las observaciones. A la verdad no sería matemáticamente imposible que el efecto del choque hubiese sido sustituir un eje principal á un eje instantáneo; pero este caso es tan poco probable, que no disminuye en nada la fuerza de la demostracion.

En lo que acabamos de decir hemos supuesto que la tierra era un cuerpo enteramente sólido, pero nada se opone á que su cen-



tro pudiera ser todavía líquido, como se cree aun generalmente. ¿Podría deducirse con certidumbre, en este último caso, de la invariabilidad de las latitudes terrestres de la consecuencia de que la tierra no ha tropezado nunca con un cometa? No lo creemos por nuestra parte, porque despues del choque cuyo inmediato efecto hubiera sido arrojar con violencia hácia el nuevo ecuador parte de la masa líquida interna, la que no hubiera podido establecerse allí sino rompiendo la capa sólida de la tierra, la continua dislocacion del eje instantáneo ocasionarian un desfiguramiento incensante de la masa fluida, y no seria imposible que los continuos frotamientos del líquido con la cáscara sólida produjesen un acortamiento gradual de la longitud de la curva descrita por los extremos de los ejes instantáneos, y ocasionasen á la larga por consiguiente un movimiento de rotacion en derredor de un eje principal.

¿Puede pasar la tierra por la cola de un cometa? ¿Cuales serian las consecuencias que esto nos acarrearía?

Generalmente los cometas tienen muy poca densidad, por lo que deben atraer poco á la materia de que están formadas sus colas, pues la atraccion es proporcional á las masas;

Ahora bien, no es difícil concebir que la tierra, cuya masa es comunmente mucho mayor que la de los cometas, pudiera atraer á sí, y dar entrada en su atmósfera á parte de la cola de estos astros, especialmente si se considera que los extremos de la cola están algunas veces á distancias prodigiosas de la cabeza del cometa.

Por lo que hace á las circunstancias que traería la aparicion en nuestra atmósfera de un nuevo elemento gaseoso, dependerian de la naturaleza y cantidad de la materia, y pudiera producir la destruccion parcial ó total de los animales. Pero la ciencia no puede hacer mencion de ningun acontecimiento de esta clase,

Kepler pensaba que la formacion de la cola de los cometas, era el resultado del impulso de los rayos solares que desprendian y desparramaban á lo lejos las partes mas leves de la nebulosidad. Para que fuese admisible esta aplicacion habria que probar que los rayos solares tienen una fuerza impulsiva, pero no se ha encontrado en ellos nada de esto por las mas delicadas experiencias. Y aun cuando se admitiese esta fuerza impulsiva seria menester explicar aun porque la cola no está siempre situada á la parte opuesta del sol.

## DE ASTRONOMIA

1825 MONTERREY, MEXICO

Se han propuesto sobre esta materia otros muchos sistemas mas ó ménos ingeniosos, pero que todos se estrellan en la dificultad de dar una explicacion conveniente de los fenómenos.

¿Las nieblas secas de 1783 y 1831 fueron materias desprendidas de la cola de algun cometa?

Un mes duró la niebla de 1785 empezando casi en el mismo dia en lugares muy apartados entre sí. Estendíase desde el norte de Africa hasta Suecia, y ocupaba tambien gran parte de la América septentrional, pero sin estenderse á la mar. Dominaba las mas altas montañas; no parecia que el viento fuese su vehículo, y ni las lluvias mas copiosas, ni los mas recios huracanes pudieron disiparla. Esparcía un olor desagradable, era muy seca, no causaba ninguna alteracion en el higrómetro y tenia una propiedad fosforescente.

Estos son los hechos, y se han querido explicar suponiendo que esta niebla era la cola de un cometa. Pero si hubiera sido así ¿cómo es que no se vió nunca la cabeza del astro cuando la niebla no era tan espesa que se dejasen de distinguir las estrellas todas las noches? La objecion es fundamental y destruye por su base la hipótesis propuesta.

Esta explicacion es mucho menos aplicable á la niebla de 1831 que tanta semejanza presentó con la de 1783, porque no habiéndose extendido entónces por toda la superficie de Europa, sería mucho mas sorprendente la invisibilidad del cometa. Además, todos los puntos del globo, comprendidos entre los paralelos, debieron haberla tenido sucesivamente por efecto del movimiento de rotacion, y no obstante la niebla acababa á 50 leguas de la costa.

El origen de estas nieblas extraordinarias, puede explicarse mas satisfactoriamente por las revoluciones interiores de que está trabajado nuestro globo. 1783, que fué el año de la niebla, la Caballria experimentó grandísimos temblores de tierra que sepultaron á mas de 40,000 habitantes; el monte Hecla en Islandia hizo una de las mayores erupciones de que se ha guardado memoria; el seno del mar salieron volcanes nuevos, etc.

¿Y seria difícil que de las entrañas de la tierra, conmovida por trastornos tan violentos, hubiesen salido materias gaseosas de una naturaleza desconocida? ¿No explicaría esta suposicion la notable circunstancia de que no hubiese niebla en alta mar? Pero nuestra intencion es solo indicar aqui algunas de las hipótesis por cuyo medio podría explicarse el origen de las nieblas secas



sin recorrer á la inmersión de la tierra en la cola de un cometa.

En la costa occidental de Africa sucede una cosa semejante al fenómeno que llama ahora nuestra atención. Es una niebla seca y periódica traída por un viento llamado *harmatan*, que hace rechinar los muebles y arrugar la pasta de los libros; que seca las plantas y ejerce una influencia no ménos funesta sobre el cuerpo humano. No se estiende en el mar esta niebla. Desconocida es la causa de su formación.

*¿Ha chocado la luna con algun cometa?*

Ya hemos visto que este satélite gira sobre sí mismo en un tiempo precisamente igual al que emplea en hacer su revolución al rededor de la tierra. Este insincronismo de estos movimientos se explica diciendo que cuando la luna, aun fluida, tendia á adquirir la forma que correspondia á su movimiento de rotación, la atracción de nuestro globo la alargó, y que su grande eje se dirigió hácia el centro de la tierra.

Ahora bien, si un cometa hubiese chocado con la luna, hubiera este choque roto la armonía que entre los movimientos de rotación y de revolución existe, y apartado, por consiguiente, el gran eje lunar de la línea dirigida hácia el centro de la tierra, y en este caso, este gran eje como un péndulo, ejecutaria movimientos oscilatorios al rededor de nuestro globo, mas como nada de semejante existe, débese concluir que jamas ha tenido lugar el choque de la luna con un cometa.

*¿Ha sido la luna anteriormente un cometa?*

Los Arcadios, segun Luciano y Ovidio, se creían mas antiguos que la luna, asegurando que sus antepasados habian habitado la tierra antes que existiese la luna. Esta singular tradición ha hecho sospechar á algunos que la luna es un antiguo cometa que, al pasar cerca de la tierra, se volvió satélite de esta.

Esta hipótesis no es absolutamente imposible; pero las consideraciones con que se ha pretendido corroborarla carecen de fundamento. Como el cometa luna, para llegar á ser satélite de la tierra, hubiera debido tener muy corta distancia del perihelio, se ha querido ver, en el aspecto abrazado de sus altas montañas trazas del enorme calor que debió experimentar al pasar cerca del sol; pero esta es una confusión de palabras. No tiene duda que apariencias de antiguos trastornos volcánicos dan á algunos puntos de la superficie de la luna un aspecto abrasado; pero na-

da puede indicar en el día qué temperatura han experimentado en otro tiempo.

Fuera de esto, los partidarios de la opinion que aquí espone-mos se verán muy apurados para explicar porqué la luna no tiene atmósfera sensible, mientras que todos los cometas que hasta el día se han observado se presentan con un forro gaseoso.

*¿Si la luna es un antiguo cometa, qué ha hecho de su cabellera?*

*¿Seria posible que la tierra se volviese satélite de un cometa, y, en este caso, cual seria la suerte que experimentaríamos?*

Para que un cometa pudiera apoderarse de la tierra y trasformarla en satélite suyo, bastaria que tuviese una masa bastante considerable y que pasase tambien cerca de nosotros. En este caso, sin gran dificultad, arrebataria nuestro globo á la atracción del sol y se le llevaria consigo en su revolución al rededor de este astro. Pero la gran masa que es menester suponer á un cometa y la débil distancia á que deberia pasar de la tierra hacen muy poco probable este acontecimiento.

Sin embargo, puse que la cosa puede rigorosamente suceder, examinemos cual seria, en esta hipótesis, la suerte de los habitantes de la tierra.

*¿Nuestro globo experimental, como se ha dicho muchas veces temperaturas extremas? Seria alternativamente vitrificado, vaporizado, helado? ¿Se volveria inhabitable y todas las especies animales vegetales que contiene quedarian destruidas?*

Supongamos, para responder á estas cuestiones, que la tierra llegase á ser el satélite de un cometa que se acerque ó aleje mucho del sol, como el cometa de 1680.

Este cometa, haciendo su revolución en 575 años, recorre una elipse cuyo grande eje es de 158 veces mayor que la distancia media de la tierra al sol. Su distancia perihelia es estremadamente corta. Newton calculó que á su paso al perihelio el 8 de Diciembre de 1680, debió experimentar un calor 28,000 veces mayor que el que la tierra recibe en verano, y lo evaluó á 2,000 veces mas que el hierro hecho ascua.

Pero este resultado no puede admitirse. Para resolver el problema que se habla propuesto Newton, seria necesario conocer el estado de la superficie y de la atmósfera del cometa de 1680. Hay mas: pongamos, en vez del cometa, á nuestro mismo globo y el problema no quedará resuelto por eso. No hay duda que la tierra experimental al principio una temperatura 28,000 mas



fuerte que la del verano; pero en breve todas las masas líquidas que la cubren, trasformándose en vapores, producirían espesas capas de nubes que atenuarían la acción del sol en una proporción imposible de fijar numéricamente.

¿Será mas fácil determinar la temperatura de nuestro globo cuando haya acompañado al cometa á su afelio? No considerando mas que las relaciones de distancia, la tierra debería estar entonces 19,000 veces menos calentada que lo que está en verano, es decir, que no recibiendo del sol ningun calor apreciable, no debería poseer mas que aquel de que se hubiese impregnado en el perihelio; y si hubiese ya perdido todo este calor, debería estar en la temperatura del espacio rodeante, la cual no puede bajar de 50° segun las ingeniosas consideraciones de Fourier.

La experiencia prueba pues que el hombre puede soportar frios de 49 á 50 centígrados bajo cero y un calor de 150°, cuando está colocado en ciertas circunstancias higrométricas. Nada nos prueba pues, en la hipótesis de que la tierra llegase á ser satélite de un cometa, de que la especie humana seria aniquilada por influencias termométricas.

Estas consideraciones acerca de los límites entre los cuales pueden oscilar las temperaturas de los globos celestes son capaces de volver menos problemática su habitabilidad á los ojos de las personas que difícilmente conciben la existencia de seres formados en un sistema orgánico totalmente diferente del nuestro.

*¿Fue ocasionado el diluvio por un cometa?*

En el dia, nadie duda que nuestro globo haya sido muchas veces trastornado por revoluciones espantosas, ni que las aguas del mar hayan, repetidas veces, invadido y abandonado los continentes. Para explicar tan horribles cataclismos, necesaria se ha juzgado la intervencion de los cometas. Examinemos estas explicaciones.

Whiston habia emitido una suya que habia alaptado á todas las circunstancias del diluvio de Noé descritos por el Génesis. Supone, y nada tiene de inadmisibile esta suposicion, que el cometa de 1680 estaba cercano á la tierra cuando tuvo lugar el diluvio. A la tierra la considera como un antiguo cometa, á la cual da un núcleo sólido y dos orbes concéntricos, el mas vecino del centro formado de un fluido pesado, y el segundo compuesto de agua; sobre este último reposa la costra sólida que pisamos.

Establecido esto, supone que, en la época del diluvio, el cometa de 1680 se hallaba solamente 3,000 ó 4,000 leguas de la tierra. Este astro, en razon de su proximidad, ejerciendo una atracción eficaz en los líquidos interiores, produjo una inmensa marea

que rompió la costra sólida y precipitó la masa líquida sobre los continentes. Tal es el origen de *la ruptura de las fuentes del gran abismo*.

En cuanto á *la abertura de las cataratas del cielo*, como Whiston no podia verla en las lluvias ordinarias que, durante cuarenta dias le hubieran dado resultados muy poco considerables, lo halló en la atmósfera y en la cola de su cometa, que ambas esparcieron en nuestro globo vapores acreos en abundancia para alimentar las mas violentas lluvias.

Esta teoría, que por largo tiempo ha gozado gran celebridad, no resiste á un exámen profundo.

Prescindiremos de la constitucion que atribuye Whiston á la tierra y que, en el dia, no adopta la geología, y solo nos limitaremos á observar que sus suposiciones gratuitas sobre la proximidad y masa del cometa de 1680, no bastan para explicar los fenómenos.

En efecto, debiendo ser sumamente rápido el movimiento del astro, su atracción no se ejercia por bastante tiempo en los diversos puntos á que correspondia, para determinar la inmensa marea de que hemos hablado.

Por otra parte, este famoso cometa pasó cerca de la tierra el 21 de Noviembre de 1680, y está demostrado que no era menor su distancia en la época del diluvio. Sin embargo, no rompió *las fuentes del gran abismo ni abrió las cataratas del cielo*. Así pues, no son fundadas las explicaciones de Whiston.

Halley, que ha considerado la cuestion de un modo mas general, ha procurado explicar la presencia de las producciones marítimas, lejos de los mares y en las mas altas montañas, por medio del choque de la tierra por un cometa.

Ya hemos examinado la cuestion de saber si tal choque pudo tener lugar. Añediremos que aun admitiendo, por un momento, la afirmativa, en vano se buscaria en los efectos de semejante choque una explicacion suficiente á los fenómenos observados.

La estratificacion de los depósitos marinos, la estension y regularidad de los bancos, sus posiciones, el estado de conservacion perfecta de las conchas mas delicadas y mas frágiles, todo escluye la idea de transporte violento; todo demuestra que el depósito se ha hecho en el mismo lugar.

La explicacion de estos fenómenos no ofrece dificultad desde que la ciencia se ha enriquecido con las grandes miras de M. Elie de Beaumont sobre la formacion de las montañas por via de levantamiento.



*¿Han cambiado de latitud los diversos puntos de nuestro globo de resultas del choque de un cometa?*

En todas las regiones de Europa se hallan osamentas de rinocerontes, de elefantes y otros animales que, en el día, no podrían vivir en estas latitudes. Es preciso pues suponer, ó que la Europa ha experimentado un enfriamiento considerable, ó que, en una de las violentas conmociones de que ofrece trazas nuestro globo, han sido arrastradas estas osamentas por corrientes dirigidas de mediodía al norte.

Pero estas hipótesis no pueden adaptarse á la explicacion de dos descubrimientos modernos que han ocupado mucho á los sabios. En 1771, hallóse en los bordes del Wilhoul en Siberia, á algunos pies de profundidad, un rinoceronte en un estado de conservacion perfecta; su carne y su piel no ofrecian la menor alteracion. Algunos años mas tarde, en 1799, descubrióse cerca de la embocadura del Lena, á orillas del mar glacial, un elefante, contenido en una porcion de barro helado, y tan bien conservado que los perros flavoraban su carne.

¿Cómo puede explicarse la presencia de estos dos grandes animales en regiones tan distantes de las en que viven? En este caso no es admisible la intervencion de las corrientes, pues si estos animales no hubieran sido rodeados de hielo, inmediatamente despues de su muerte, los hubiera descompuesto la putrefaccion. Luego han debido vivir en los parages en que han sido encontrados. Así, por una parte, la Siberia, debió, en otro tiempo, tener una temperatura considerable, pues en ella podian vivir los elefantes y rinocerontes; y, por otra, la catástrofe en que perecieron estos animales, debió haber súbitamente esas regiones.

De estas deducciones al choque de la tierra por un cometa, no hay mas que un paso, pues no conocemos otra causa que sea capaz de producir un cambio súbito y tan pronunciado en las latitudes de nuestro globo.

¿Es admisible esta explicacion? En nuestro concepto no lo es.

En primer lugar es seguro que el elefante de Lena el rinoceronte del Wilhoul no hayan podido vivir bajo el clima actual de la Siberia? El caso no se halla al abrigo de toda duda; pues estos animales, si bien por su forma y magnitud semejantes á los que habitan hoy día el Africa y el Asia, se distinguan por una circunstancia notable: la piel del rinoceronte estaba herizada de pelos tiesos de 7 á 8 centímetros de largo; y la del elefante estaba cubierta de crines negras y de una lana rojiza; particularidades

notables que inducen á creer que estos animales habian nacido para vivir en regiones septentrionales.

Por lo demas, un viajero célebre nos ha hecho ver recientemente que el tigre real, que pertenece á los países mas cálidos, vive aun hoy en día en Asia en latitudes muy altas; y se adelanta en verano hasta el declive del Altai. ¿Y por qué pues, nuestro elefante de la piel larga, no habrá podido trasportarse durante el verano hasta la Siberia? No es de absoluta necesidad el recurrir al choque de la tierra por un cometa para hacerse cargo de los descubrimientos del Lena y del Wilhoul. Por otra parte, ya hemos visto en otra ocasion, que esta suposicion era inadmisibile, y nada explicaria en este caso. Por que si se quiere de todos modos que la Siberia ha ya estado en otro tiempo junto al Ecuador, es indispensable el admitir que estaba entonces cubierta de una sustancia líquida de mas de 5 leguas de espesor, producida por el movimiento rotatorio de la tierra, y donde podríamos colocar entonces nuestro rinoceronte y nuestro elefante?

M. Elie de Beaumont ha coordinado ingeniosamente la solution del problema suscitado por el descubrimiento de los elefantes de la Siberia con su sistema sobre la formacion de las montañas. Supone que habiendo tenido lugar el levantamiento del Tian-Chan en invierno en un país cuyos valles alimentaban elefantes y las montañas estaban cubiertas de nieves, los vapores cálidos salidos del seno de la tierra en el momento de la convulsion, han fundido en parte esta nieve y producido una gran corriente de aire á la temperatura de cero. Esta corriente llevando consigo los cadáveres de los animales que hallaba á su paso, los llevó en ocho días, sin que la putrefaccion los cogiese, á los lugares de la Siberia donde los hielos los petrificaron.

*¿Cual es la causa de la depresion del suelo de un gran parte del Asia?*

*¿Es el choque de un cometa?*

Hay en Asia una vasta region de 18,000 leguas cuadradas, ocupadas en gran parte por el mar Caspio, donde se encuentran ciudades populosas, que ofrece una depresion de 100 metros sobre el nivel del mar Negro y del Océano.

Para explicar este enorme hundimiento de toda una region, se recorre, como en muchas otras circunstancias, al choque de un cometa que habria empujado la tierra en aquel sitio.

Esta explicacion hecha por Halley ha caido en desuso. La tierra, como hemos visto ya, no ha chocado nunca con ningun



cometa, y el fenómeno geográfico que discutimos se explica sin esta suposición.

Es una suposición generalmente admitida hoy en día que las montañas se han formado por vía de levantamiento, y han salido del seno de la tierra, horadando violentamente su superficie. Así pues el levantamiento produce un vacío en los terrenos circunvecinos, y puede causar su hundimiento ulterior.

Echemos una ojeada sobre el mapa y veremos que el Asia es mas rica en masas levantadas que ninguna otra parte del mundo, y que al rededor de la region deprimida de que hemos hablado ya, se elevan una infinidad de grandes cadenas, como el Iran, el Himalaya, el Khun-Sun, el Thian-Chan, el Caucaso, las montañas de la Armenia, las de Erzerum, etc. ¿Porqué pues el levantamiento de estas grandes masas no determinaría un hundimiento correspondiente con algunos terrenos intermedios?

Esta explicación pareciera mas plausible todavía, si añadimos que en las regiones de que se trata, no ha llegado aun el suelo á un estado de completa estabilidad, y que el fondo del mar Caspio, por ejemplo, ofrece alternativas de depresión y hundimiento.

## LECCION XII.

## DE LOS ECLIPSES.

Los eclipses eran en otro tiempo, como los cometas un objeto de espanto para el pueblo; pero todos saben ahora que estos fenómenos son una consecuencia de las leyes de la naturaleza, y que son anunciados con la misma exactitud que la sucesión del día y de la noche.

## ECLIPSES DE LUNA.

Siendo la tierra un cuerpo redondo y opaco, no puede el sol, á la vez, iluminar mas que una porción de ella; de donde se sigue que proyecta una sombra á la parte opuesta de dicho astro. ¿Cuales sus dimensiones? Si el sol y la tierra fuesen de la misma magnitud, la sombra sería infinita y de una extensión infinita; pero como la tierra es mucho mayor que el sol, la sombra que proyecta forma un cono bastante largo para llegar á la luna, mas que no lo es tanto que pueda llegar á Marte; se ha calculado que este cono tiene 300,000 leguas. En los lados del cono, hay sombras menos oscuras formadas por la interceptación de solo una

parte de los rayos del sol y cuya intensidad mengua á medida que se apartan de la sombra cónica. Esta degradación ó tinta intermedia entre la luz y la sombra ha recibido el nombre de *penumbra*. Para determinar sus límites es menester tirar líneas que partiendo de los bordes del sol, vayan despues de haberse cruzado á pasar tangentes á la superficie de la tierra. Estas líneas prolongadas forman un cono truncado que es de la penumbra. Así sea *S* el sol y *e* la tierra. El cono de la sombra *a. b. f* acaba en *f* punto en que se encuentran los rayos que salen de los bordes del sol despues de haber pasado tangentes á la tierra; y el cono truncado *a' a' b' b'* es el que forma la penumbra.

Luego, pues, que la tierra llegue á interponerse entre el sol y la luna, esta deberá volverse oscura y habrá entónces *eclipse de luna*. El eclipse será *total ó parcial*, segun que este astro se halle en todo ó en parte dentro de la sombra de la tierra; y se llamará central cuando el centro de la luna coincida exactamente con el de la sombra terrestre.

Si el plano en que se mueve la luna no tuviera cierta inclinación sobre la eclíptica, este astro se eclipsaría en todas las lunas llenas; pero como esta órbita que describe corta á la eclíptica segun la línea de los nudos, toma diferentes posiciones relativamente á este plano. Si al tiempo de su oposición está remota de los nudos, no hará mas que rozar la sombra terrestre sin penetrar en ella, y esto es lo que las mas veces sucede; pero si la línea que une los centros del sol, de la tierra y de la luna es recta ó casi recta, lo cual sucede siempre que este astro está en los nudos ó próximo á ellos, entónces habrá eclipse.

Para indicar la extensión del eclipse, se supone la luna dividida en doce zonas iguales y paralelas que se llaman *digitos*. Así, cuando aquella tiene eclipsada la mitad ó tercera parte de su disco, se dice que el eclipse es de seis ó cuatro digitos. Si el eclipse es total y el diámetro de la sombra es mayor que el de la luna, se dice entónces que el eclipse es de mas de doce digitos, y su número se determina proporcionalmente.

Tos los eclipses de la luna completos ó visibles en todas las partes de la tierra que tienen á la luna sobre su horizonte, son la misma magnitud, tienen el mismo principio y el mismo fin. Siempre es el lado oriental del disco de la luna el que se sumerge primero, es decir, el lado izquierdo cuando se mira al norte.

Al irse acercando la luna al cono de la sombra pierde insensiblemente su resplandor, porque entónces entra la penumbra, cuya intensidad hemos visto que crecía por grados, hasta los lados de la sombra cónica. Llegado una vez á esta sombra, no desa-



cometa, y el fenómeno geográfico que discutimos se explica sin esta suposición.

Es una suposición generalmente admitida hoy en día que las montañas se han formado por vía de levantamiento, y han salido del seno de la tierra, horadando violentamente su superficie. Así pues el levantamiento produce un vacío en los terrenos circunvecinos, y puede causar su hundimiento ulterior.

Echemos una ojeada sobre el mapa y veremos que el Asia es mas rica en masas levantadas que ninguna otra parte del mundo, y que al rededor de la region deprimida de que hemos hablado ya, se elevan una infinidad de grandes cadenas, como el Iran, el Himalaya, el Khun-Sun, el Thian-Chan, el Caucaso, las montañas de la Armenia, las de Erzerum, etc. ¿Porqué pues el levantamiento de estas grandes masas no determinaria un hundimiento correspondiente con algunos terrenos intermedios?

Esta explicación pareciera mas plausible todavía, si añadimos que en las regiones de que se trata, no ha llegado aun el suelo á un estado de completa estabilidad, y que el fondo del mar Caspio, por ejemplo, ofrece alternativas de depresión y hundimiento.

## LECCION XII.

## DE LOS ECLIPSES.

Los eclipses eran en otro tiempo, como los cometas un objeto de espanto para el pueblo; pero todos saben ahora que estos fenómenos son una consecuencia de las leyes de la naturaleza, y que son anunciados con la misma exactitud que la sucesión del día y de la noche.

## ECLIPSES DE LUNA.

Siendo la tierra un cuerpo redondo y opaco, no puede el sol, á la vez, iluminar mas que una porción de ella; de donde se sigue que proyecta una sombra á la parte opuesta de dicho astro. ¿Cuales sus dimensiones? Si el sol y la tierra fuesen de la misma magnitud, la sombra seria infinita y de una estension infinita; pero como la tierra es mucho mayor que el sol, la sombra que proyecta forma un cono bastante largo para llegar á la luna, mas que no lo es tanto que pueda llegar á Marte; se ha calculado que este cono tiene 300,000 leguas. En los lados del cono, hay sombras menos oscuras formadas por la interceptación de solo una

parte de los rayos del sol y cuya intensidad mengua á medida que se apartan de la sombra cónica. Esta degradación ó tinta intermedia entre la luz y la sombra ha recibido el nombre de *penumbra*. Para determinar sus límites es menester tirar líneas que partiendo de los bordes del sol, vayan despues de haberse cruzado á pasar tangentes á la superficie de la tierra. Estas líneas prolongadas forman un cono truncado que es de la penumbra. Así sea *S* el sol y *e* la tierra. El cono de la sombra *a. b. f* acaba en *f* punto en que se encuentran los rayos que salen de los bordes del sol despues de haber pasado tangentes á la tierra; y el cono truncado *a' a' b' b'* es el que forma la penumbra.

Luego, pues, que la tierra llegue á interponerse entre el sol y la luna, esta deberá volverse oscura y habrá entónces *eclipse de luna*. El eclipse será *total ó parcial*, segun que este astro se halle en todo ó en parte dentro de la sombra de la tierra; y se llamará central cuando el centro de la luna coincida exactamente con el de la sombra terrestre.

Si el plano en que se mueve la luna no tuviera cierta inclinación sobre la eclíptica, este astro se eclipsaria en todas las lunas llenas; pero como esta órbita que describe corta á la eclíptica segun la línea de los nudos, toma diferentes posiciones relativamente á este plano. Si al tiempo de su oposición está remota de los nudos, no hará mas que rozar la sombra terrestre sin penetrar en ella, y esto es lo que las mas veces sucede; pero si la línea que une los centros del sol, de la tierra y de la luna es recta ó casi recta, lo cual sucede siempre que este astro está en los nudos ó próximo á ellos, entónces habrá eclipse.

Para indicar la extensión del eclipse, se supone la luna dividida en doce zonas iguales y paralelas que se llaman *digitos*. Así, cuando aquella tiene eclipsada la mitad ó tercera parte de su disco, se dice que el eclipse es de seis ó cuatro digitos. Si el eclipse es total y el diámetro de la sombra es mayor que el de la luna, se dice entónces que el eclipse es de mas de doce digitos, y su número se determina proporcionalmente.

Tos los eclipses de la luna completos ó visibles en todas las partes de la tierra que tienen á la luna sobre su horizonte, son la misma magnitud, tienen el mismo principio y el mismo fin. Siempre es el lado oriental del disco de la luna el que se sumerge primero, es decir, el lado izquierdo cuando se mira al norte.

Al irse acercando la luna al cono de la sombra pierde insensiblemente su resplandor, porque entónces entra la penumbra, cuya intensidad hemos visto que crecia por grados, hasta los lados de la sombra cónica. Llegado una vez á esta sombra, no desa-



parece del todo por lo común, aun cuando sea total eclipse, porque siempre recibe algunos rayos luminosos que van á iluminarlo por via de refraccion en el cono de la sombra. Alguna vez, sin embargo, se ha visto desaparecer completamente cuando la atmósfera, sobrecargada de nubes, no desprendia sobre ella radios refractados.

Ya hemos visto que los eclipses de luna son visibles desde todos los puntos de la tierra que tienen la luna sobre su horizonte, y que para ellos tienen igual extension; pero debemos añadir que el tiempo de su observacion varia segun la longitud, lo cual puede dar un medio de proporcionar la del lugar en que uno se encuentra. Los eclipses de luna no pasan de dos horas, pero pueden ser mas cortos.

## ECLIPSES DE SOL.

Cuando la luna llega á interponerse entre el sol y la tierra, entónces queda eclipsada esta última. El eclipse es *parcial* cuando la luna encubre solo una parte del disco del sol; *total* cuando le encubre enteramente; *anular* cuando velado el sol por la luna sobresale detras de ella bajo la forma de un anillo luminoso; y por último *central* cuando el observador se halla en la prolongacion de la línea que une los centros de la luna y del sol.

Como la luna tiene, á corta diferencia, la figura de la tierra, su sombra y su penumbra se forman de igual manera, pero aquella es mucho menor, el cono de su sombra no puede nunca encubrir mas que una parte de la superficie de la tierra. En efecto, bien sabido es que nunca tiene lugar el eclipse de sol para toda la tierra á un tiempo, y fácil es convencerse de que un eclipse de sol que seria total para un lugar determinado, podria ser en otro invisible, aunque este tuviese el sol sobre su horizonte. Lo que hay en esto es que, como la luna pasa delante de todos los puntos del disco solar, le va ocultando sucesivamente á las diversas partes de la tierra en el sentido de su movimiento de occidente á oriente. En la mayor parte de los eclipses solares, el disco de la luna está cubierto de una luz escasa debida á la reflexion de los rayos del sol que caen sobre la parte iluminada de la tierra.

El diámetro aparente de la luna cuando está en su máximo, no escede al diámetro mínimo del sol mas que en  $1' 35''$ . Por lo cual el mas largo eclipse de sol que puede acaecer no durará nunca mas tiempo que el que necesita la luna para andar  $1' 38''$  de grado, es decir, cerca de  $3' 13''$  de tiempo.

Los eclipses de sol se calculan por dígitos como los eclipses lunares.

Vamos á exponer ahora como se verifica el fenómeno general de los eclipses. Sea S el sol, YY la tierra, M la luna, y AMP la órbita de ésta. Si de V y de W tiramos dos líneas convergentes que figuren el cono de la sombra de la luna, las líneas *Wdh* y *Vcg* determinaran los límites de la penumbra *abc dgh*.

Supuesto esto, la luna se mueve en su órbita del oeste, al este, como de M á P. Un observador colocado en *b* verá el límite este *d* de la luna tocar al limbo oeste W del sol, y el eclipse empezará para él. Pero el borde oeste de la luna en *c* deja en el instante mismo el lado oeste en V del sol, y el eclipse acaba para el observador colocado en *a*: hay, pues, eclipse del sol para todos los puntos intermedios desde *a* y *b*. Empero es evidente por la figura que el sol no está eclipsado totalmente á la vez mas que para una pequeña parte de la tierra, supuesto que solo la estremidad del cono de sombra llega al globo terrestre.

La vuelta de los eclipses se verifica despues de un intervalo de tiempo bastante dilatado. No pueden suceder mas que en las sizigias, y como la revolucion sinódica de los nudos no acaba hasta los 346 dias  $14^{\text{h}} 52' 16''$ , se encuentra casi con la revolucion sinódica de la luna en una relacion de 223 á 18. El sol y la luna se encontrarán, pues, respecto al nudo lunar, al cabo de un período de 223 lunas. Esta observacion sirve para predecir la vuelta de los eclipses, y el cálculo ha demostrado que esta se verificaba cerca de 18 años y medio.

## LECCION XIII.

## DE LAS MAREAS.

Este es el lugar mas oportuno para explicar el fenómeno de las mareas. Muchas son las hipótesis que se han aventurado acerca de la causa de estas fluctuaciones regulares del Océano, y aunque hubiese ya llamado la atencion desde la mas remota antigüedad, su relacion con los movimientos de la luna, Kepler fué el primero que encontró que dependian de la atraccion que este astro ejerce sobre la tierra. Newton hizo ver despues que esta opinion estaba acorde con las leyes de la gravitacion, y desenvolviendo las consecuencias del principio sentado por Kepler, explicó como se forman las mareas en los dos lados de la tierra opuestos á la luna. En el dia, esta teoría está fuera de toda discusion.



Las aguas del mar tienen una movilidad que las hace ceder á las mas leves impresiones; el Océano está abierto por todas partes, y los grandes mares tienen comunicacion unos con otros; estas circunstancias contribuyen á la formacion de las mareas, cuya principal causa es la accion combinada del sol y de la luna.

Consideremos primeramente la accion de la luna. Es evidente que la desigualdad de atraccion es la que ocasiona las mareas, y que no las habria si la luna se hiciese sentir uniformemente sobre toda la extension del océano, es decir si comunicase fuerzas iguales y paralelos al centro de gravedad de la tierra y á todas las moléculas del mar, porque estando animado entónces de un comun movimiento todo el sistema de nuestro globo, se mantendria el equilibrio en todas partes. Este equilibrio le alteran, pues, únicamente la desigualdad é imparalelismo de las atracciones ejercidas por la luna. Efectivamente, se comprende que su accion, oblicua sobre las moléculas del mar que están con ella en cuadratura, y directa sobre las que les corresponden en línea recta, hace mas pesadas á las primeras y mas ligeras á las últimas. Merester es, pues, para que se restablezca el equilibrio, que se eleven las aguas bajo la influencia de la luna, á fin de que la diferencia de peso quede compensada por una altura mayor. Las moléculas de la mar situadas en el punto correspondiente del opuesto hemisferio, se inclinarán menos hácia la luna que el centro de la tierra, por ser menos atraidas que este último por el astro á causa de su mayor distancia; dicho centro trabajará en su consecuencia por apartarse de las moléculas que se encontrarán entónces mas distantes aun de él, y se mantendrán ademas en esta altura por el aumento de peso de las columnas situadas en cuadratura y que están en comunicacion con ellas.

Hagamos esto palpable por medio de una figura. Sea ABCEGH la tierra y M. la luna. Haciéndose sentir la atraccion en razon inversa del cuadrado de las distancias; las aguas situadas en Z. serán atraidas con mas fuerzas que las situadas en B. y en F. cuya direccion oblicua se descompone; tendrán pues que elevarse las aguas en Z. Por otra parte, el centro O. de la tierra, que se halla mas próximo á la luna, que las aguas que se hallan opuestas á Z. será atraido mas poderosamente que ellas, y así se aproximará mas de la luna, ó en otros términos, se alejará de las aguas opuestas á Z, las cuales estarán ademas sostenidas por las moléculas mas pesadas de las cuadraturas; decimos mas pesadas porque aumenta su peso y se descompone la atraccion oblicua de la luna. En efecto, las aguas situadas en B. y en F. llamadas por esta fuerza, propenden á aproximarse á O. Sigue-

se de aquí que se formarán en la tierra dos elevaciones de aguas, una en Z. y otra hácia la parte opuesta, lo cual dará á dicha tierra, la forma de un esfereide aplanado cuyo eje mayor pasará por su centro y el de la luna. Por esto se ve que no habria mas que dos subidas de aguas al mes en cada uno de los puntos de la tierra, si esta no tuviese un movimiento de rotacion. Veamos hasta que punto se complica el probloma con este último movimiento.

En virtud del movimiento de la tierra sobre su eje, la parte mas elevada del agua es llevada mas allá de la luna en la direccion de rotacion; pero el agua obedece aun á la atraccion que ha recibido y continúa elevándose despues que ha dejado su posicion directa bajo la luna, aunque ya no sea tanta la accion inmediata de este astro. No llega así á estar en su mayor elevacion hasta despues que la luna ha dejado de estar en el meridiano del lugar en que se encuentra. En los mares abiertos donde las aguas corren con libertad, la luna está en *p* cuando las aguas mas altas están en Z y en R: en efecto, fácil es comprender que aun cuando haya cesado la atraccion del astro completamente despues de su salida del meridiano, el movimiento de subida comunicado á las aguas continuaria aun levantándolas durante algun tiempo, y con mayor razon debe suceder lo mismo cuando dicha atraccion no haga mas que menguar.

Por otra parte, mientras la luna levanta las aguas en Z y en R, las hace bajar en B y en F, porque no pueden subir en un sitio sin bajar del otro, y reciprocamente las baja en R y Z cuando las levanta en B y B. Pero en virtud del movimiento de rotacion de la tierra, la luna pasa todos los dias por el meridiano superior y el meridiano inferior de cada lugar; luego ocasionará en él dos elevaciones y dos depresiones de aguas, como efectivamente sucede.

Hasta ahora, hemos solo considerado la accion aislada de la luna. Veamos como se combina con ella la accion del sol.

La fuerza atractiva ejercida por el sol sobre la tierra es superior considerablemente á la que despliega la luna; pero como la distancia á que se encuentra el primero de estos astros es cuatrocientas veces mayor que la del último, las fuerzas desplegadas por aquel sobre las diversas partes de nuestro planeta se acercan mucho mas al paralelismo, y á la igualdad por consiguiente, que las de la luna. Y como hemos visto que la desigualdad de la accion de esta era lo que producía las mareas, la accion del sol, que es mucho mas igual, debe ser ménos á proposito para causar el mismo efecto. Se ha calculado que su influencia es



cerea de dos veces y media menor que la de la luna, pero es bastante poderosa para producir un flujo y un reflujo; de manera que hay dos mareas en realidad, una solar y otra lunar, cuyos efectos se combinan ó neutralizan mas ó ménos, segun la direccion de las fuerzas que las producen. Así, cuando la luna está llena ó nueva, es decir, que está en las sizigias, ambos astros se encuentran en el mismo meridiano, sus esfuerzos trabajan simultáneamente, y el efecto debe ser el mayor posible. Cuando al contrario la luna está en cuadratura, propende á levantar las aguas mientras que el sol trabaja por bajarlas, y recíprocamente; de manera, que combatiéndose las fuerzas de ambos astros, su efecto debe ser el menor posible.

Siguese de aquí, que el mar debería estar lleno en el instante en que la fuerza resultante de las atracciones del sol y de la luna hubiese llegado en él á su mayor intensidad, pero ya hemos visto que no sucede así. En efecto, los días de la luna nueva en que ambos astros ejercen su accion segun una misma direccion, el instante de la mayor fuerza de esta es el de su paso simultáneo por el meridiano. Sin embargo, la mar no suele estar llena generalmente hasta algun tiempo despues de mediodia, y la experiencia ha hecho conocer que la marea que se verifica los días de la luna nueva, es la que ha sido producida 36 horas antes por la accion del sol y de la luna; se ha observado ademas que la plena mar tiene lugar siempre en este tiempo á la misma hora. De aquí se ha inferido que el intervalo de tiempo que media entre el momento de la plena mar y el instante en que ambos astros ejercen su mayor accion es el mismo constantemente. La segunda consecuencia, sacada de estos dos hechos, es que la accion de la fuerza del sol y de la luna se hacen sentir en los puertos y costas por la sucesiva comunicacion de las olas y de las corrientes. Hemos dicho que en los días de la luna nueva ó llena el momento en que los dos astros ejercen su mayor accion es el del paso de la luna por el meridiano: lo mismo sucede en el primero y último cuarte. En los demás días, este instante precede algunas veces el paso, y otras le sigue; pero nunca se aparta mucho de él, porque, como ya hemos manifestado, la fuerza atractiva de la luna es mucho mayor que la del sol. Estas fuerzas y la direccion ó adelanto de la marea sobre la hora del paso de la luna por el meridiano, varian segun que los dos astros se alejan ó aproximan á la tierra, segun que aumentan ó varian sus respectivas declinaciones. Los flujos mas arcidos y los reflujos mas bajos ocurren en el tiempo de los equinoccios en marzo y en setiembre, porque todas las circunstancias que influyen sobre la

elevacion de las aguas se reúnen en esta época para causar el mayor efecto posible.

Veamos ahora las principales circunstancias del fenómeno de las mareas. La mar corre cerca de seis horas desde el sur al norte, hinchándose por grados; se queda luego estacionaria cerca de un cuarto de hora, y se va retirando del norte al sur durante otras seis horas. Despues de un segundo descanso de otro cuarto de hora, empieza á correr de nuevo y así sucesivamente.

El tiempo del flujo y del reflujo es de cerca de  $12^{\text{h}} 25'$ , por término medio, que es la mitad del día lunar  $24^{\text{h}} 50'$ , tiempo trascurrido entre dos vueltas sucesivas de la luna al mismo punto del meridiano. Así que la mar experimenta el flujo y el reflujo en un lugar tantas veces como la luna pasa por el meridiano, ora superior, ora inferior de dicho lugar, á saber, dos veces en 24 horas.

Estas leyes del flujo y reflujo estarian completamente acordes con los fenómenos si las aguas del mar cubriesen toda la superficie de la tierra; pero no sucede así, y solo es la ancha mar la que los presenta segun los hemos explicado, porque el Océano tiene la necesaria estension para que la accion del sol y de la luna pueda hacerse sentir con libertad. Pero estos fenómenos se modifican necesariamente en la proximidad de las costas por la direccion de los vientos, la posicion de las riberas y aun infinidad de accidentes de terreno.

Las mareas se hacen sentir en los grandes rios haciendo retroceder sus aguas: algunas veces son sensibles hasta doscientas leguas del embocadero.

Los lagos no experimentan mareas porque son demasiado pequeños para que la luna pueda ejercer en ellos su accion de un modo desigual. Por otra parte, es tal la rapidez con que pasa sobre su superficie, que no hay tiempo para que se altere el equilibrio.

Si tampoco se observan mareas en el mar Báltico y en el Mediterraneo, es porque son tan estrechas las aberturas por las que están estos grandes mares en comunicacion con el Océano, que no pueden recibir en tan breve tiempo el agua necesaria para que quede alterado sensiblemente su nivel.

Las mareas son muy bajas en las islas de las indias occidentales, y rara vez llegan á mas de 12 ó 13 pulgadas. Esta anomalía puede parecer tanto mas notable, cuanto que esos parajes deben estar sometidos á una fuerza atractiva muy poderosa como próximos al ecuador. Pero fácilmente se comprenderá que las aguas no pueden elevarse mucho cerca de estas islas, si se reflexiona



na que girando la tierra de oeste, este á el flujo se hace en sentido contrario, y va á estrellarse como una inmensa ola contra la costa de América. la que la detiene allí, y la estorba que pase con la luna al Océano pacífico. Además de esto, los vientos aliseos que soplan continuamente del este al oeste se oponen al reflujo que viene del poniente.

Estas dos mismas causas producen un efecto muy notable en el golfo de México. Los vientos y mareas empujan continuamente á las aguas en aquella vasta concavidad, las acumulan allí sobre el comun nivel é impiden que vuelva á bajar por su perpétua acción. Remontadas estas aguas é incapaces de vencer las fuerzas que á su retroceso se oponen se deslizan al derredor de la costa occidental de la isla de Cuba, dirigense al norte hácia la costa de América, y forman la tan notable corriente del golfo de las Floridas. Es tan cierto que las aguas se acumulan en el golfo de México, que habiéndose tirado una línea de nivel por el istmo de Panamá se ha encontrado que tienen una elevacion de catorce pies sobre la del mar Pacífico.

Supuesto que el aire tiene todavía mas ligereza y movilidad que las aguas, debe obedecer igualmente á la acción combinada del sol y de la luna, y haber, por consiguiente, tambien mareas aéreas. Hay un hecho, no obstante, que á primera vista, parece desmentir esta consecuencia, y es que el barómetro no atestigua estas elevaciones y depresiones de la atmósfera. Pero es fácil convenirse de que el barómetro debe, en efecto, mostrarse insensible á estas variaciones, porque todas las columnas de aire deben tener por todas partes el mismo peso, aunque de diferentes alturas, supuesto que el efecto directo de las mareas es, como ya hemos dicho, conservar el equilibrio compensando en altura la disminucion de peso.

## LECCION XIV.

## DETERMINACION DE LA LONGITUD Y DE LA LATITUD.

Para determinar la posición de un punto sobre una superficie cualquiera, es menester conocer precisamente la distancia que media desde este punto á dos líneas fijas; estas dos líneas pueden estar dispuestas de un modo diferente, pero su situación sobre esta superficie debe estar fijada invariablemente. Sin embargo, para la facilidad de las construcciones y del cálculo, en vez de dar á estas líneas una inclinacion cualquiera, se las dispone de modo á que formen juntas un ángulo recto. Así es que el pro-

ceder que nos servirá para fijar la posición de los diferentes puntos de la superficie de la tierra, es absolutamente el mismo que el que hemos empleado para determinar la posición de los astros. Basta, en efecto, conocer el paralelo sobre el cual se halla el punto que se trata de determinar, y su posición sobre este paralelo, esto es, la latitud y longitud de este punto.

Si guese de aquí que la latitud se obtiene tomando la altura del polo sobre el horizonte, porque siempre es igual á su altura. En efecto, si el punto C, (Fig. 6), está separado por ejemplo  $30^\circ$ , del ecuador hácia el polo ártico, su zenit será CF; el gran círculo HOR será su horizonte; el plano del ecuador EOZ estará lejano del zenit F de  $30^\circ$  y por consiguiente su distancia del horizonte será de  $60^\circ$ . El polo P tendrá la elevacion de  $30^\circ$ , medido por el ángulo HCP.

Pero como hay en el otro emisferio un círculo que presenta las mismas circunstancias, será preciso indicar si la latitud es austral ó boreal. La determinacion de la longitud ofrece mas dificultades. Para obtenerla se mide en grados del ecuador, la distancia que separa al meridiano del parage que se quiere determinar, á otro meridiano conocido. Esta distancia puede obtenerse siempre á punto fijo con tal que se conozca la hora del punto en que se hace la observacion y del parage en que se toma el meridiano por término de comparacion. En efecto, pues que cada punto de la superficie de la tierra describe, en virtud del movimiento de rotacion de que está animada, la circunferencia de un círculo ó  $360^\circ$  en  $24^h$ , describe  $15^\circ$  en  $1^h$ , pues que 15 es la vigésima cuarta parte de 360. Cuando se hallen pues dos puntos separados uno de otro por  $15^\circ$  de longitud, el mas occidental no tendrá el sol en el meridiano que una hora despues del otro, y este cuenta  $12^h$  mientras que el otro no tiene mas que  $11^h$  por la mañana.

Si la distancia que separa los dos puntos es de  $30^\circ$ , la diferencia es de  $2^h$  y así sucesivamente. Determinada así la diferencia de las horas, nada mas fácil que conocer la de las longitudes y así recíprocamente.

Toda la dificultad consiste pues en conocer esta diferencia en las horas, lo cual se consigue por muchos medios que por la imposibilidad de darlos á conocer todos nos seniremos á hablar de algunos de ellos.

Los tiempos exactos en que suceden bajo un meridiano dado los eclipses de la luna y sol, las ocultaciones de las estrellas por la luna, los eclipses de los satélites de Júpiter, etc., se anuncian con muchos años de anticipacion. Supongamos que un viagero



na que girando la tierra de oeste, este á el flujo se hace en sentido contrario, y va á estrellarse como una inmensa ola contra la costa de América. la que la detiene allí, y la estorba que pase con la luna al Océano pacífico. Además de esto, los vientos aliseos que soplan continuamente del este al oeste se oponen al reflujo que viene del poniente.

Estas dos mismas causas producen un efecto muy notable en el golfo de México. Los vientos y mareas empujan continuamente á las aguas en aquella vasta concavidad, las acumulan allí sobre el comun nivel é impiden que vuelva á bajar por su perpétua acción. Remontadas estas aguas é incapaces de vencer las fuerzas que á su retroceso se oponen se deslizan al derredor de la costa occidental de la isla de Cuba, dirigense al norte hácia la costa de América, y forman la tan notable corriente del golfo de las Floridas. Es tan cierto que las aguas se acumulan en el golfo de México, que habiéndose tirado una línea de nivel por el istmo de Panamá se ha encontrado que tienen una elevacion de catorce pies sobre la del mar Pacífico.

Supuesto que el aire tiene todavía mas ligereza y movilidad que las aguas, debe obedecer igualmente á la acción combinada del sol y de la luna, y haber, por consiguiente, tambien mareas aéreas. Hay un hecho, no obstante, que á primera vista, parece desmentir esta consecuencia, y es que el barómetro no atestigua estas elevaciones y depresiones de la atmósfera. Pero es fácil convenirse de que el barómetro debe, en efecto, mostrarse insensible á estas variaciones, porque todas las columnas de aire deben tener por todas partes el mismo peso, aunque de diferentes alturas, supuesto que el efecto directo de las mareas es, como ya hemos dicho, conservar el equilibrio compensando en altura la disminucion de peso.

## LECCION XIV.

## DETERMINACION DE LA LONGITUD Y DE LA LATITUD.

Para determinar la posición de un punto sobre una superficie cualquiera, es menester conocer precisamente la distancia que media desde este punto á dos líneas fijas; estas dos líneas pueden estar dispuestas de un modo diferente, pero su situación sobre esta superficie debe estar fijada invariablemente. Sin embargo, para la facilidad de las construcciones y del cálculo, en vez de dar á estas líneas una inclinacion cualquiera, se las dispone de modo á que formen juntas un ángulo recto. Así es que el pro-

ceder que nos servirá para fijar la posición de los diferentes puntos de la superficie de la tierra, es absolutamente el mismo que el que hemos empleado para determinar la posición de los astros. Basta, en efecto, conocer el paralelo sobre el cual se halla el punto que se trata de determinar, y su posición sobre este paralelo, esto es, la latitud y longitud de este punto.

Si guese de aquí que la latitud se obtiene tomando la altura del polo sobre el horizonte, porque siempre es igual á su altura. En efecto, si el punto C, (Fig. 6), está separado por ejemplo  $30^\circ$ , del ecuador hácia el polo ártico, su zenit será CF; el gran círculo HOR será su horizonte; el plano del ecuador EOZ estará lejano del zenit F de  $30^\circ$  y por consiguiente su distancia del horizonte será de  $60^\circ$ . El polo P tendrá la elevacion de  $30^\circ$ , medido por el ángulo HCP.

Pero como hay en el otro emisferio un círculo que presenta las mismas circunstancias, será preciso indicar si la latitud es austral ó boreal. La determinacion de la longitud ofrece mas dificultades. Para obtenerla se mide en grados del ecuador, la distancia que separa al meridiano del parage que se quiere determinar, á otro meridiano conocido. Esta distancia puede obtenerse siempre á punto fijo con tal que se conozca la hora del punto en que se hace la observacion y del parage en que se toma el meridiano por término de comparacion. En efecto, pues que cada punto de la superficie de la tierra describe, en virtud del movimiento de rotacion de que está animada, la circunferencia de un círculo ó  $360^\circ$  en  $24^h$ , describe  $15^\circ$  en  $1^h$ , pues que  $15$  es la vigésima cuarta parte de  $360$ . Cuando se hallen pues dos puntos separados uno de otro por  $15^\circ$  de longitud, el mas occidental no tendrá el sol en el meridiano que una hora despues del otro, y este cuenta  $12^h$  mientras que el otro no tiene mas que  $11^h$  por la mañana.

Si la distancia que separa los dos puntos es de  $30^\circ$ , la diferencia es de  $2^h$  y así sucesivamente. Determinada así la diferencia de las horas, nada mas fácil que conocer la de las longitudes y así recíprocamente.

Toda la dificultad consiste pues en conocer esta diferencia en las horas, lo cual se consigue por muchos medios que por la imposibilidad de darlos á conocer todos nos seniremos á hablar de algunos de ellos. Los tiempos exactos en que suceden bajo un meridiano dado los eclipses de la luna y sol, las ocultaciones de las estrellas por la luna, los eclipses de los satélites de Júpiter, etc., se anuncian con muchos años de anticipacion. Supongamos que un viajero



colocado á una distancia cualquiera al este ó al oeste de este meridiano, observa uno de aquellos eclipses ú ocultaciones, verá, cuando recurra á sus tablas, la hora que es en el meridiano dado, y la diferencia de esta hora con la del lugar en que se halle, le dará su longitud.

Todas las veces que el cielo está sereno, se puede recurrir á esta suerte de observaciones, porque los fenómenos que dan lugar á ellas, son mucho mas numerosos que los dias del año; ni aun se han de menester para esto de grandes instrumentos; pero en el mar son muy incómodos el vaiven del buque.

Los relojes marinos, llamados por otro nombre cronómetros ó guarda tiempos, son de mucha utilidad para la determinacion de las longitudes. Semejantes á los relojes ordinarios, están trabajados con mucho esmero y provistos de indicador, de modo que conserven en su marcha la mayor regularidad posible, á pesar de las variaciones de la temperatura y los vaivenes inevitables en un viage largo. En el momento de partir se arregla el reloj, y se le pone exactamente con la hora del meridiano al cual se quiere hacer referir su longitud. Por este medio se sabe en todo tiempo la diferencia de horas, y partiendo la longitud; y tomando la hora del parage en que se esté, se la puede comparar á la del primer meridiano dado por el cronómetro.

Se ve que este último medio de resolver el problema importante de las longitudes es tan simple y tan fácil, que seria inútil recurrir á otro cualquiera, si se pudiese contar siempre rigurosamente en los datos del cronómetro. Desgraciadamente no sucede siempre así. No obstante los progresos de la industria moderna han conseguido dar á la construccion de este instrumento una perfeccion que léjos estaba de esperarse. Para dar una idea de esto citamos el siguiente fragmento de los *Elementos de filosofia natural*. "Permítase al autor de este libro participar al lector el placer y la sorpresa que experimentó despues de una larga travesía de la América al sur del Asia. Su cronómetro de bolsillo y los que habia á bordo del buque anunciaron una mañana que unalengua de tierra indicada en el mapa debia encontrarse á cincuenta millas al este del buque. Júzguese del contento de la tripulacion cuando, habiendo desaparecido al cabo de una hora la niebla de la mañana, dió el vigía el alegre grito de ¡Tierra! ¡Tierra! corroborando así la prediccion de los cronómetros con una milla de diferencia despues de una distancia tan exorbitante. En estos momentos hay sin duda alguna facultad para quedarse penetrado de una profunda admiracion hácia el génio del hombre. Compárense los peligros de la antigua navegacion

con la marcha segura de nuestros buques, y niégúense, si se quiere, las inmensas ventajas de la industria moderna! Si la marcha del pequeño instrumento hubiera tenido la mas ligera alteracion, en vez de útil, perjudicial hubiera sido su prediccion; pero de noche, de dia, durante el frio, durante el calor, sus pulsaciones se sucedian con una uniformidad imperturbable, llevando, por decirlo así, exacta cuenta de los movimientos del cielo y de la tierra; y en medio de las olas del Océano, que no dejan tras sí vestigio alguno, señalaba siempre la verdadera posicion del buque cuya salud le estaba encomendada, la distancia que habia recorrido y la que le faltaba por recorrer."

El meridiano á que cada astrónomo refiere sus observaciones es enteramente arbitrario y varía según los pueblos. Durante mucho tiempo se convino tomar por punto de partida el de la isla de Hierro, que es la mas occidental de las Canarias; pero, poco á poco, se ha ido perdiendo esta costumbre, y cada nacion elige ahora el que pasa por su respectiva capital.

## LECCION XV.

DE LA ATMÓSFERA Y DE SUS RELACIONES CON

LA ASTRONOMIA.

La atmósfera es la cubierta ó capa gaseosa que envuelve nuestro globo. Antes de indár la influencia que ejerce en la observacion de los fenómenos astronómicos, bueno será que nos entretengamos un poco en el exámen de algunas de sus propiedades.

¿Cuál es en primer lugar la influencia de la atmósfera? Esta es una cuestion que se resuelve con la ayuda de uno de los instrumentos mas preciosos de la física, esto es, del barómetro, que está destinado á medir la pesadez de la atmósfera. En efecto, concébase fácilmente que colocando el barómetro en varias alturas, debe señalar por fuerza notables diferencias en la columna de aire según las varias estaciones; y una simple proporcion bastaría para averigiar la altura absoluta de la capa atmosférica si tuviese igual densidad en todas partes. Pero como los gases son estremadamente comprensibles, las capas inferiores que tienen que soportar todo el peso de las superiores, están necesariamente mas comprimidas, y la densidad de la columna atmosférica debe ir disminuyendo desde la superficie de la tierra hasta las capas mas elevadas. Para obtener disminuciones iguales en la columna de mercurio, será menester recorrer, cuando se sube, distancias tanto mas grandes quanto más se eleve el experimento.



tador. El cálculo ha demostrado que suponiendo la temperatura del aire igual en todas partes, las alturas del mercurio disminuyen en progresion aritmética, cuando las elevaciones sobre el nivel del mar crecen en progresion geométrica. Pero al hacer la operacion conviene atender á la temperatura y al estado higrométrico de las diferentes capas de la atmósfera. Se ha evaluado así que su altura media es de 16 á 17 leguas, su volúmen el 29<sup>o</sup> del volúmen del globo, y su peso solo de 43 milésimos.

¿Por qué se encuentra mas allá de la atmósfera? Existe algun fluido ó no hay mas que un vacío absoluto? No sabemos en verdad como esta cuestion ha podido ocupar por tanto tiempo á los sábios. ¿Cómo pueden estar en un vacío absoluto los espacios celestes, cuando están ocupados por la luz? Y sea cual fuese la opinion que se adopte acerca de la naturaleza de este agente, que sea ó no una emanacion real de la sustancia de los cuerpos luminosos, ó un fluido puesto en movimiento por estos, últimos, es muy evidente que en una como en otra hipótesis, el vacío absoluto no puede existir.

Pero la atmósfera merece fijar nuestra atencion, principalmente bajo el aspecto de la accion que ejerce sobre los rayos luminosos que la atraviesan.

Ya hemos visto, al empezar, las modificaciones que sufre la luz al pasar de un medio á otro, del modo que se refracta y como se descomponen sus rayos.

A esta propiedad de la luz debemos los cambios variados que colorean al horizonte á la salida y acaso del sol. A ella debemos el no pasar bruscamente del dia á la noche, sino que por grados y transiciones vemos llegar uno tras otro por el crepúsculo y la aurora. Estos dos fenómenos varían segun la diversidad de las estaciones y de los parages. Se ha calculado que por el efecto de la refraccion de la atmósfera, el dia no cesa enteramente para nosotros hasta que el sol ha bajado de 18<sup>o</sup> bajo el horizonte.

Uno de los efectos de la refraccion atmosférica es la de hacer variar las posiciones aparentes de los astros. En efecto, las capas diversas de la atmósfera, aumentan de densidad á medida que se acercan de la superficie de la tierra, de modo que pueden ser consideradas, unas relativamente á otras, como medios diferentes. Los rayos luminosos que las atraviesan se fuerces, pues, de mas en mas pasando de una á otra; y como la densidad aumenta insensiblemente, la desviacion de la luz, en vez de hacerse en líneas quebradas, sigue una línea curva cuya concavidad está vuelta hácia la superficie de la tierra. Fácil es comprender

ahora porqué el efecto de esta refraccion es el de hacer ver los objetos encima de su posicion real; pues que colocándolos nosotros siempre en la posicion rectilínea del rayo, en el momento en que penetra en el ojo, les veremos sobre la prolongacion de la tangente que se dirige á la curva descrita por el rayo en el punto en que entra en el ojo. Así es como la refraccion aumenta las alturas aparentes de los astros.

## DE LA LUNA HORIZONTAL.

Explicaremos aquí un fenómeno que presenta la luna en el horizonte, y que es conocido bajo el nombre de luna horizontal. Este astro afecta entonces una forma elíptica, y parece mucho mas grande y menos brillante que cuando está en el meridiano.

Empezando pues por la circunstancia mas fácil de explicar, es evidente que si el brillo de la luna es menos vivo en el horizonte que en el meridiano, es porque los rayos luminosos que nos envía, tienen que atravesar una capa atmosférica mucho mas espesa y densa en el primer caso que en el otro. No es pues nada extraño que estos rayos sean mas débiles y mas descoloridos, mayormente si se atiende á que al pasar por la superficie de la tierra, tienen que atravesar muchos vapores.

En cuanto á las dimensiones aparentes del disco de la luna, es un fenómeno cuya explicacion ha puesto perplejos á los físicos. ¿Cuál puede ser la causa de esta apariencia, puesto que la luna está mas lejana de nosotros en el horizonte que en el zenit de todo el medio diámetro de la tierra, diferencia que al decir verdad es tan débil que no puede producir ningun efecto sensible sobre las dimensiones aparentes de este astro? Gassendi pensaba que como la luna es menos brillante en el horizonte que en el meridiano, abrimos mas la pupila cuando la miramos en la primera situacion, y que por esta razon la vemos mas grande. Pero para admitir esta consecuencia fuera necesario que las variaciones en la abertura de la pupila fuesen iguales á las dimensiones del objeto dibujado en la retina; pero no es así, y esta suposicion en todos sus puntos contraria á los principios de la óptica, se halla desmentida por las experiencias mas precisas. Otros físicos han pensado acaso con mas razon, que si la luna nos parece mas grande en el horizonte que en el meridiano, es porque nosotros la suponemos mas lejana. En efecto, dicen, dos cosas entran en el acto de la vision el ángulo bajo el cual vemos los objetos, y la distancia á la cual los suponemos. Este juicio, que á pesar nuestro,



tenemos de la distancia, viene á corregir la impresion causada por la imagen, y esto es tan cierto, que sabemos por ejemplo apreciar muy bien la estatura de dos hombres, aunque estén á distancias muy desiguales de nosotros y los veamos constantemente bajo ángulos muy diferentes. Hay tambien otra experiencia muy notable. Si se coloca un objeto sobre un plano horizontal, se pone el ojo en la prolongacion de este plano, y se mira despues el objeto de modo que se vean dos imágenes (lo cual se consigue estirando un poco con el dedo el párpado inferior), ambas imágenes serán de diferente magnitud; la mas cercana será mas pequeña que la otra, y disminuirá tanto mas, quanto mas se acerque del ojo. Lo que prueba que la diferencia en la distancia de los objetos depende solo de sus dimensiones aparentes, es que si se hace la experiencia de modo que se tengan ambos objetos sobre un plano vertical, por mas que se les separe, parecerán siempre ambos iguales. Así pues continúan los partidarios de esta explicación, como la luna en el horizonte nos parece que ocupa la parte inferior de un segmento esférico, la suponemos mas lejana que cuando está en la cima del segmento, esto es, en el zenit. Por otro lado, en la primera situacion, su distancia aparente crece con la comparacion que presentan los objetos intermedios. Así el juicio erróneo formado acerca de la distancia, modifica la impresion producida por el objeto, y hace ver al astro mas grande de lo que es.

Tal es la explicacion que se da hoy en dia. Pero sin contestar los principios sobre que estriba, creemos que si la causa asignada concurre á producir el fenómeno de la luna horizontal, no es sola, y hay otra tambien cuya accion y efectos son bien evidentes, la refraccion. Efectivamente, los rayos luminosos, partidos de las estremidades del disco de la luna, llegan al ojo bajo un ángulo engrandecido por el torcimiento que la atmósfera les ha hecho experimentar, y visto así el astro por efecto de la refraccion, bajo un ángulo mas abierto, debe neceserariamente parecer mayor.

Con respecto á la figura que afecta, es tambien un efecto de refraccion. La luna, hemos dicho, toma una forma elíptica, es decir, que su diámetro vertical es mas pequeño que su diámetro horizontal. Así debe ser, porque los rayos partidos de las estremidades del diámetro horizontal penetrando en la atmósfera bajo el mismo ángulo, son igualmente doblados; pero no es lo mismo con los rayos que vienen de las estremidades del diámetro vertical; los de la estremidad superior, entrando en la atmós-

fera bajo una direccion mas oblicua que los de la estremidad inferior, están mas reflejados, y por consiguiente hacen ver demasiado altas proporcionalmente las partes del disco de donde emanan. Esta desigualdad de refraccion, debe alterar pues la figura de la luna.

## LECCION XVI.

## DE LAS ESTACIONES Y DE LOS DIAS.

Ya hemos visto que si el eje de rotacion de la tierra fuese perpendicular al plano de la eclíptica, los dias y las noches tendrían la misma duracion en todas las partes del globo; pero la inclinacion de estos dos planos es de  $23^{\circ} 28'$ . De esta inclinacion procede la diversidad de las estaciones y de los dias.

En primer lugar es fácil comprender la variedad que presenta en los diferentes puntos de la tierra, el fenómeno de los dias y noches.

En Paris, por ejemplo, la latitud es de  $48^{\circ}$  poco mas ó menos. Tendráse pues por senit OZ (fig. 21] Hh será el horizonte, Pp la línea de los polos y Eo el ecuador. Cuando el sol S. se hallará en el plano del ecuador, descubrirá el círculo Eo que el horizonte Hh divide en dos partes iguales, de modo que se hallará tanto tiempo encima como debajo de éste plano, y los dias serán iguales á las noches pero cuando el sol habrá declinado hácia el polo austral de  $23^{\circ}$  y  $28'$  ó habrá llegado al trópico de Capricornio, describirá el círculo S'M, dividido por el horizonte Hh en dos partes desiguales, de las cuales la mayor se halla debajo de éste plano; así pues las noches serán mayores que los dias. Por último, cuando el sol habrá llegado á los  $23^{\circ} 28'$  de declinacion boreal, se hallará en el trópico de Cáncer, describirá el círculo Sn, y los dias serán mas largos que las noches.

Veamos ahora como se pasa el fenómeno en las regiones ecuatoriales. En ellas el zenit OZ [Fig. 22] coincide con el plano ecuatorial Ee y el horizonte Hh con el eje de los polos PP. Ahora bien, el sol, ya se halle en S, ya en S', ó ya en S'', esto es, en el ecuador ó en los trópicos, describe siempre círculos que divide el horizonte en dos partes iguales. Luego las regiones ecuatoriales tienen siempre los dias y las noches de igual duracion.

Las regiones polares, al contrario, tienen la línea del zenit OZ coincidente con la de los polos Pp, y su horizonte Hh se comprende con el ecuador Ee. Cuando el sol S se halla en el plano del ecuador, describe el círculo SH, que es el del horizonte, y la



tenemos de la distancia, viene á corregir la impresion causada por la imagen, y esto es tan cierto, que sabemos por ejemplo apreciar muy bien la estatura de dos hombres, aunque estén á distancias muy desiguales de nosotros y los veamos constantemente bajo ángulos muy diferentes. Hay tambien otra experiencia muy notable. Si se coloca un objeto sobre un plano horizontal, se pone el ojo en la prolongacion de este plano, y se mira despues el objeto de modo que se vean dos imágenes (lo cual se consigue estirando un poco con el dedo el párpado inferior), ambas imágenes serán de diferente magnitud; la mas cercana será mas pequeña que la otra, y disminuirá tanto mas, quanto mas se acerque del ojo. Lo que prueba que la diferencia en la distancia de los objetos depende solo de sus dimensiones aparentes, es que si se hace la experiencia de modo que se tengan ambos objetos sobre un plano vertical, por mas que se les separe, parecerán siempre ambos iguales. Así pues continúan los partidarios de esta explicación, como la luna en el horizonte nos parece que ocupa la parte inferior de un segmento esférico, la suponemos mas lejana que cuando está en la cima del segmento, esto es, en el zenit. Por otro lado, en la primera situacion, su distancia aparente crece con la comparacion que presentan los objetos intermedios. Así el juicio erróneo formado acerca de la distancia, modifica la impresion producida por el objeto, y hace ver al astro mas grande de lo que es.

Tal es la explicacion que se da hoy en dia. Pero sin contestar los principios sobre que estriba, creemos que si la causa asignada concurre á producir el fenómeno de la luna horizontal, no es sola, y hay otra tambien cuya accion y efectos son bien evidentes, la refraccion. Efectivamente, los rayos luminosos, partidos de las estremidades del disco de la luna, llegan al ojo bajo un ángulo engrandecido por el torcimiento que la atmósfera les ha hecho experimentar, y visto así el astro por efecto de la refraccion, bajo un ángulo mas abierto, debe neceserariamente parecer mayor.

Con respecto á la figura que afecta, es tambien un efecto de refraccion. La luna, hemos dicho, toma una forma elíptica, es decir, que su diámetro vertical es mas pequeño que su diámetro horizontal. Así debe ser, porque los rayos partidos de las estremidades del diámetro horizontal penetrando en la atmósfera bajo el mismo ángulo, son igualmente doblados; pero no es lo mismo con los rayos que vienen de las estremidades del diámetro vertical; los de la estremidad superior, entrando en la atmós-

fera bajo una direccion mas oblicua que los de la estremidad inferior, están mas reflejados, y por consiguiente hacen ver demasiado altas proporcionalmente las partes del disco de donde emanan. Esta desigualdad de refraccion, debe alterar pues la figura de la luna.

## LECCION XVI.

## DE LAS ESTACIONES Y DE LOS DIAS.

Ya hemos visto que si el eje de rotacion de la tierra fuese perpendicular al plano de la eclíptica, los dias y las noches tendrían la misma duracion en todas las partes del globo; pero la inclinacion de estos dos planos es de  $23^{\circ} 28'$ . De esta inclinacion procede la diversidad de las estaciones y de los dias.

En primer lugar es fácil comprender la variedad que presenta en los diferentes puntos de la tierra, el fenómeno de los dias y noches.

En Paris, por ejemplo, la latitud es de  $48^{\circ}$  poco mas ó menos. Tendráse pues por senit OZ (fig. 21] Hh será el horizonte, Pp la línea de los polos y Eo el ecuador. Cuando el sol S. se hallará en el plano del ecuador, descubrirá el círculo Eo que el horizonte Hh divide en dos partes iguales, de modo que se hallará tanto tiempo encima como debajo de éste plano, y los dias serán iguales á las noches pero cuando el sol habrá declinado hácia el polo austral de  $23^{\circ}$  y  $28'$  ó habrá llegado al trópico de Capricornio, describirá el círculo S'M, dividido por el horizonte Hh en dos partes desiguales, de las cuales la mayor se halla debajo de éste plano; así pues las noches serán mayores que los dias. Por último, cuando el sol habrá llegado á los  $23^{\circ} 28'$  de declinacion boreal, se hallará en el trópico de Cáncer, describirá el círculo Sn, y los dias serán mas largos que las noches.

Veamos ahora como se pasa el fenómeno en las regiones ecuatoriales. En ellas el zenit OZ [Fig. 22] coincide con el plano ecuatorial Ee y el horizonte Hh con el eje de los polos PP. Ahora bien, el sol, ya se halle en S, ya en S', ó ya en S'', esto es, en el ecuador ó en los trópicos, describe siempre círculos que divide el horizonte en dos partes iguales. Luego las regiones ecuatoriales tienen siempre los dias y las noches de igual duracion.

Las regiones polares, al contrario, tienen la línea del zenit OZ coincidente con la de los polos Pp. y su horizonte Hh se comprende con el ecuador Ee. Cuando el sol S se halla en el plano del ecuador, describe el círculo SH, que es el del horizonte, y la



mitad de su disco se halla encima de este plano, mientras que la otra mitad se halla debajo. Pero cuando el sol S ha llegado al trópico de cáncer describe el círculo SN enteramente encima del horizonte, mientras que en el trópico de Capricornio describe el círculo SM, que se halla enteramente debajo. De aquí resulta que las regiones polares tienen el sol seis meses encima y seis meses debajo del horizonte, esto es, un día y una noche de seis meses. No obstante, no se hallan en una ausencia completa del sol, sumergidas en una oscuridad profunda; pues ya hemos visto que, independientemente del crepúsculo de que gozan hasta que haya bajado el sol  $18^\circ$  bajo el horizonte, la luna, durante la ausencia de aquel astro, las alumbra y las consuela. Añadiremos también, que el crepúsculo debe ser mas intenso que en las otras partes del globo, por el decrecimiento rápido de la densidad del aire á una altura poco considerable, como por la congelacion habitual de la superficie del suelo, causa que, ya hemos visto, notablemente influye en las refracciones extraordinarias de estas regiones.

Por último en los círculos polares el zenit coincide, á corta diferencia, con el trópico, de modo que cuando el sol S se hallará en el plano del ecuador y describirá el círculo Ss dividido por el horizonte en dos partes iguales, los días serán iguales á las noches. Pero cuando se hallará en trópico de Cáncer, describirá el círculo S'N y vendrá solo á tocar al horizonte en su borde inferior; de modo que habrá un día de 24 horas. Cuando ha llegado, al contrario al trópico de Capricornio, recorrerá el círculo SM, quedará 24 horas bajo el horizonte, que solo tocará por el borde superior.

En esta explicacion, hemos supuesto que el sol gira al derredor de la tierra, mientras que al contrario la tierra es la que gira al derredor del sol; pero las cosas se pasan exactamente del mismo modo. Sin embargo, para colocar al lado de la explicacion del fenómeno aparente la del fenómeno real, haremos girar la tierra al derredor del sol al tratar de las estaciones.

Sea pues S el sol, T la tierra, ST el radio que une el centro del sol y el de la tierra, esto es el radio vector. Este radio encuentra la superficie de la tierra en A. Todos los puntos situados en el paralelo AB tendrán pues sucesivamente al sol en el zenit, á medida que el movimiento de rotacion los traerá á A, y estas regiones se hallarán entonces en verano. Si el punto A es el solsticio de esta estacion, el paralelo descrito por la rotacion de la tierra será el trópico boreal, y en esta situacion el plano PTS es perpendicular al de la eclíptica.

Pero, cuando en virtud de su movimiento de traslacion, habrá llegado la tierra al punto diametralmente opuesto, esto es á T', el radio vector encontrará la superficie terrestre en A', y el paralelo AB', que en la posicion precedente, recibía los rayos mas oblicuos, los recibirá entonces verticalmente; y las regiones que comprende se hallarán en verano, mientras que las del trópico opuesto se hallarán en invierno. El plano STP', determinado por el encuentro del radio vector y del eje, se halla aun perpendicular á la eclíptica, como en el caso precedente; pero el ángulo STP', bajo el cual se cortan en la primera situacion, en el eje de la tierra y el radio vector, es agudo, mientras que, en esta posicion, es obtuso, STP'. En las situaciones intermedias, es recto. Luego crece sucesivamente de T á T', y decrece de T' á T.

Por último, cuando el radio vector es perpendicular al eje de la tierra en los puntos t y t', y parece que el sol va describiendo el ecuador, se tienen los equinoccios; es decir, el día igual á la noche en toda la tierra, ya sea otoño ó primavera.

El espacio comprendido entre los trópicos se llama *zona torrida*, porque, como los rayos del sol caen, en este espacio, casi siempre perpendicularmente, el calor es extraordinario.

Las regiones que se estienden desde los trópicos hasta los círculos polares gozan una temperatura moderada, y se llaman *zonas templadas*.

Se da, en fin, el nombre de *zonas glaciales* á los paises desconocidos comprendidos entre los polos y los círculos polares.

Por medio de una experiencia muy sencilla, puede uno figurarse como produce los fenómenos de los días y de las estaciones el movimiento combinado de rotacion y traslacion.

Se toma una tira de hierro y se la dobla en figura de círculo como representa la figura 26. Esta tira vista de lado, parecerá eclíptica. Se coloca en el centro una vela encendida, y luego se ata un hilo de seda al polo de un globo terrestre de cerca de tres pulgadas de diámetro. Si se tuerce el hilo de manera que al destorcerse haga girar al globo del este á oeste despues de que haya sido colocado junto al círculo, se ve á la luz y á la sombra sucederse sobre su superficie y simular la sucesion regular de los días y de las noches. Pero si mientras que el globo está girando se le mueve á lo largo de la circunferencia del círculo, estando siempre su centro en ella, la vela, que es perpendicular al ecuador, ilumina al globo de un polo á otro, y cada una de sus partes se encuentra alternativamente en la luz y en las tinieblas, lo que equivale á un equinoccio perpétuo. Así es que tendríamos siempre días y noches de igual duracion sin variedad de es-



taciones, si fuese perpendicular á su órbita el eje de la tierra; pero no es así. Inclinemos, pues, el círculo en que gira el globo sobre el eje de este último en el sentido ABD por ejemplo. Si colocamos el globo en la parte mas baja del círculo Z, y le hacemos girar sobre sí mismo y al derredor del círculo en el sentido de oeste á este, la vela alumbrará perpendicularmente al trópico de Cancer y el polo norte verá la luz. Desde el ecuador al círculo polar norte, los dias serán mas largos que las noches, sucediendo al contrario en el otro hemisferio. El sol no se pondrá nunca para la zona glacial norte, ni nacerá jamas para la zona opuesta. Pero cuando el movimiento de revolucion haya conducido el globo de H á E, el límite de la sombra se acercará al polo norte y se alejará del polo sur: los lugares próximos al primero irán, cada vez, recibiendo menos luz, y hácia el segundo observárase lo contrario; de manera que á medida que marchará el globo de H á E, los dias van menguando en el norte y creciendo en el sur. Cuando aquel se encuentra en este último punto, la vela está en el plano del ecuador, el límite de las sombras se detiene exactamente en los dos polos, y los dias son iguales á las noches por todas partes. Por último, cuando el globo se encuentra en F. y en G, entónces vemos reproducirse, en orden inverso, los fenómenos que acabamos de examinar.

#### DE LA TEMPERATURA DE LA TIERRA.

Conforme es el micrómetro en esta parte con lo que sabemos de la posición de la tierra en la eclíptica; en las diversas estaciones del año nos anuncia que el sol está 1 | 30 mas cerca de nosotros en invierno que en verano. A pesar de esto, la temperatura de esta última estación es mucho mas elevada que la de la primera. ¿Cuáles pues pueden ser las causas de esto? Las principales son tres. La primera es la constitucion física de la atmósfera que varia de una de estas estaciones á la otra. En el verano el aire es comunmente seco, pero en el invierno se carga de vapores y amortigua considerablemente la intensidad de los rayos del sol. La segunda causa es la oblicuidad de los rayos solares en invierno: es cosa sabida que se reflejan en razon de esta oblicuidad, que los que se reflejan no calientan. Por último, y esta causa es la principal de todas, el sol se mantiene en verano mucho mas tiempo sobre el horizonte que en invierno, y la noche, que es cuando se verifica la dispersion del calórico, es mas corta en aquella estación y el dia es mas largo. Para formarse una idea del efecto que puede causar sobre la temperatura, la diferencia de los dias y de las noches, basta saber que se ha cal-

calado que con diez dias que estuviese el sol debajo del horizonte, quedaria helada toda la superficie terrestre aun en medio del verano.

La temperatura va elevándose, por un término medio, desde el 5 de enero, hasta el 5 de julio y descendiendo desde este dia al 5 de enero.

La temperatura media del ecuador es de 27 á 28 grados; pero se advierte que el hemisferio austral es mucho mas frio que el hemisferio boreal. La razon es que el primero se alla en gran parte cubierto de aguas, y es sabido que no se calientan tan facilmente como la tierra, pues una gran cantidad de calórico, que reciben, es absorbido continuamente por la evaporacion, congelacion y formacion de los hielos.

Se ha notado tambien que las costas occidentales de los continentes son mucho mas cálidas que las orientales: esto es un efecto de los vientos y de la posición general de los mares. Tanto en nuestros países como en América predominan los vientos de oeste, los cuales vienen de los mares y son siempre templados, porque la temperatura del mar nunca es ni muy alta ni muy baja. Esto último es fácil de comprender, pues, la movilidad de la masa líquida y el equilibrio que procura conservar, no permiten que la capa de superficie se enfrie mucho comparativamente con las demas, y apenas baja su temperatura, su peso crece inmediatamente y desciende al fondo subiendo otra á sustituirla.

¿Tiene la tierra calor soyo natural, ó le recibe todo del sol? Esta última opinion que ha sido emitida por algunos filósofos, no puede en el dia resistir á la evidencia de los hechos. Se sabe que la temperatura, independiente y á cierta profundidad de la accion del sol, se conserva constantemente invariable, y las experiencias prueban que aquella sube á medida que se desciende á profundidades mayores: la ley de esta progresion viene á ser de un grado por cada 90 piés.

Cualquiera que sea la causa de esta temperatura natural de la tierra, ora proceda de la candencia primitiva de nuestro planeta, ora de la continua accion de los agentes eléctricos y calóricos que la naturaleza encierra en su seno, podemos demostrar que dicha temperatura no ha cambiado sensiblemente, á lo menos de millares de años acá. Efectivamente, si la temperatura general del globo hubiese sido mas alta ó mas baja en épocas remotas, su volúmen hubiera sido mayor ó menor por efecto de la dilatacion ó del condensamiento. Entónces habria tenido que variar el movimiento de la luna, y esto no es cierto, porque la



duracion del diarsideral es hoy exactamente la misma que en las épocas mas distantes,

Hemos visto que la temperatura **sube** á medida que se baja á lo interior de la tierra; lo contrario **sucede** á medida que uno se eleva sobre el nivel del mar. En el estado mas ordinario de la atmósfera se encuentra que la temperatura **decrece** á la par con la elevacion en todos los climas, cuando se empieza por una misma temperatura inferior; pero la **ley** de progresion cambia con el punto de partida, de manera que en las zonas templadas, por ejemplo, es de 230 metros en invierno por cada grado del termómetro centígrado, y de 160 en verano. Hay pues, una altura en que el excesivo enfriamiento llega al término de hielo: tal es el origen de esas nieves perennes en las altas montañas, y de la desigualdad de elevacion del punto en que empiezan en los diferentes climas. La disminucion vertical de la temperatura varia ademas con las estaciones, la situacion de los lugares y el estado mas ó menos trasparente del cielo.

Uno de los trabajos mas curiosos de este siglo es la importante aplicacion que ha hecho M. Humboldt de la geografia de las plantas á la medida de la temperatura media de los diversos puntos del globo. Este célebre viajero determinó de un modo general la elevacion y la temperatura de las zonas en que aparenta deleitarse toda planta. Cada vegetal no puede vivir mas que entre ciertos límites determinados de temperatura, y su vegetacion, mas ó ménos frágil, indica la proximidad de estos límites. El aspecto de los vegetales que viven en cada pais es, pues, una especie de termómetro viviente que anuncia al viajero la temperatura media anual y sus límites extremos.

Hablando en general, bien se deja comprender que las mas leves causas de agitacion pueden ocasionar grandísimas y muy durables alteraciones en una masa tan vasta y tan movable como la atmósfera. Muchos efectos de esta clase proceden de las pequeñas variaciones locales que sobrevienen en la temperatura; pero mayores y mas constantes aun son los que deben resultar del movimiento anual del sol, así como de su movimiento de rotacion y de la influencia mas ó menos poderosa que ejerce este astro sobre la tierra y la atmósfera en las diferentes estaciones. Estas son probablemente las causas mas comunes de esas agitaciones que se manifiestan en la atmósfera, que duran muchas veces tanto tiempo y que se llaman *vientos*.

Los mas notables son los que corren con regularidad entre los trópicos, y que se llaman *vientos aliseos*, cuya explicacion tomamos de los *Elementos de filosofía natural*.

“Si el globo terrestre estuviera en reposo y el sol dirigiese siempre sus rayos á la misma superficie, la temperatura de la columna atmosférica situada sobre ella, creceria de muchos grados, y todas las capas de esta columna subirian sucesivamente como el aceite á la superficie del agua, ó como el humo por encima de un fogon muy encendido; mientras que desde todas las partes inferiores se dirigirian constantemente corrientes de aire ó vientos hácia esta superficie central. Pero la tierra está en continuo movimiento sobre sí misma y al derredor del sol, y la region media, la faja ó region ecuatorial, puede asemejarse á la superficie de la hipótesis precedente; porque es el lugar sobre que el sol desprende continuamente sus rayos desde el principio de los tiempos; por consiguiente, debe haber, como ha habido siempre, corrientes constantes hácia esta zona, unas procedentes de la parte austral, y otros de la parte boreal. Esta es la causa de esos vientos del comercio ó vientos aliseos, en cuya influencia tienen tanta confianza los marinos, como en la vuelta periódica del sol en la mayor parte de las posiciones comprendidas entre los treinta grados de latitud boreal ó austral.

Sin embargo, parece que estos vientos no rozan la superficie terrestre en la direccion de los meridianos, es decir, que no aparentan soplar directamente desde el norte y el sur: esto consiste en el movimiento de rotacion de la tierra sobre su eje, movimiento que como se verifica de oeste, á este da á los vientos del norte la apariencia de un viento que procede directamente del nordeste, y el viento del sur la de un viento de sureste. Estas apariencias pueden comprenderse con bastante facilidad reflexionando sobre los hechos siguientes: cuando se empieza á galopar por un llano, parece que el viento sopla al jinete con fuerza en la cara. Si se galopa hácia el este y sopla algun aire directamente del norte ó del sur, la sensacion doble que se siente se reune en una accion resultante; y parece que el viento viene del nordeste en el primer caso y del sureste en el segundo. Otro ejemplo: hágase girar una esfera sobre un eje vertical, y déjese caer del polo superior una pequeña bolita, ó mejor todavia, déjese caer del mismo punto un hilito de agua; la bolita ó el agua no participarán inmediatamente de la velocidad del globo, sino que procurarán descender por la mas corta línea hasta el ecuador de la esfera. La huella que habrá dejado el líquido en la superficie de esta, no será no obstante un meridiano, sino una línea oblícuca, que si fuese prolongada, no pasaria por el polo inferior. Así es que la rotacion de la tierra da á los vientos aliseos una direccion hácia el oeste, y no tienen esta direccion porque el sol



los impela, como algunas veces se ha dicho.

En el límite de la region por donde se estienden, es decir, cerca de treinta grados en la direccion austral ó boreal contando desde el lugar ocupado por el sol, es sabido que estos vientos parecen venir casi directamente del este, al paso que cuando uno se acerca á la línea central, azotan mas directamente los buques en el sentido norte-sur ó sur-norte. Este efecto depende de que al llegar el aire fro á los paralelos extremos, se dilata y eleva calentándose antes de haber adquirido la velocidad de la zona en que se encuentra; muévase ménos rápidamente que ella, y los cuerpos situados en dicha zona azotan el aire del oeste á este con todo el exceso de la velocidad, resultando el mismo efecto que, si estando la tierra inmóvil, soplara constantemente sobre estos cuerpos el viento del este. No obstante, á medida que se adelantan las corrientes de aire, van participando cada vez mas de la celeridad de la rotacion de la tierra, la que han adquirido, por último, casi enteramente cuando llegan á la línea central, en medio de la zona de  $60^\circ$ , desde entónces se hace sensible cada vez menos á medida que uno se aproxima á esta línea, sobre la que es mucho menos sensible. Lo mismo sucederia poco mas ó menos con un fluido derramado sobre una rueda que girase horizontalmente y que fuera adelantándose cada vez mas del centro á la circunferencia. Llegado que hubiese á los puntos inmediatos á este límite del círculo, no habrian aun adquirido toda su velocidad, pero la continuidad de la rotacion acabaria de comunicársela enteramente; este fluido estaria entónces en movimiento como la circunferencia, pero se encontraría en reposo relativamente á ella. Bien se deja entender que aquí nada conta con la influencia de la fuerza centrífuga.

Mientras que el aire denso de las regiones polares corre hácia el ecuador á llenar el vacío que allí se forma y de este modo origina los vientos aliseos, aquel que ha sido dilatado y elevado por la accion permanente del sol debe formar necesariamente en los espacios superiores de la atmósfera una contracorriente que va á diseminar su calor dirigiéndose en sentido inverso del primero: esto es lo que sucede en efecto, y la existencia de este fenómeno la ha probado la observacion despues de haber sido demostrada por el razonamiento. Así pues se ha encontrado que la cúspide del pico de Tenerife estaba expuesta constantemente á un fuerte viento que sopla en una direccion contraria á los vientos aliseos que levantan á sus piés la superficie del Océano. En el año de 1812, el polvo volcánico arrojado de la isla de San Vicente pasó formando una espesa nube sobre la Barbada con gran

sorpesa de sus habitantes, y fué á caer á mas de cien millas de distancia despues de haber hecho este tránsito en sentido inverso de los violentos vientos de que solo pueden sustraerse los buques haciendo un largo rodeo. En el tránsito del cabo de Buena Esperanza á Santa Helena está muchas veces eclipsada la luz del sol durante varios dias á causa de una masa de espesas nubes que se dirigan hácia el sur á una considerable altura de la atmósfera. Estas nubes no son mas que vapores de agua que se forman bajo el ecuador con el aire caliente, y que se condensan nuevamente al acercarse á las regiones mas frias del hemisferio austral.

Fuera de los trópicos, en donde la influencia solar es mucho menor, los vientos pueden proceder de otras causas que desgraciadamente no son aun bastante conocidas. Como son mucho menos regulares en los climas templados, se les da el nombre de vientos variables; lo que hemos dicho de los vientos aliseos puede no obstante mirarse como regla general y aplicarse igualmente á todos, y particularmente esto que al moverse el aire de los polos austral ó boreal en que estaba en reposo hácia las regiones ecuatoriales, debe producir un efecto de este ó dirigido en sentido inverso del movimiento diurno, hasta que haya adquirido la velocidad de la zona sobre que sopla; y recíprocamente, que, calentado el aire en las regiones ecuatoriales y elevado hácia las partes superiores de la atmósfera, donde casi habia adquirido una velocidad correspondiente, debe al volver á caer sobre los polos del oeste al este con este exceso de velocidad, azolar los cuerpos en el mismo sentido.

Estos vientos del oeste, en muchas partes fuera de los trópicos son casi tan regulares como los vientos aliseos en la zona intertropical, no siendo menos acreedores que estos al nombre de vientos del comercio, pues hasta tal punto abrevian la travesía de Nueva-York á Liverpool comparada con la travesía inversa de Liverpool á Nueva-York. Así el verdadero viento norte produce el efecto de un viento nordeste en el hemisferio boreal, y el verdadero viento sur se vuelve un viento sureste. Fácil es comprender que los fenómenos serán inversos en el hemisferio austral.

Terminaremos esta digresion meteorológica hablando de otros dos vientos que corren con regularidad sobre las costas y que son generalmente conocidas bajo los nombres de *brisa de tierra* y *brisa de mar*.

Luego que el sol ha descendido bajo el horizonte, la tierra y el mar que se habien calentado con su presencia pierden su calor por la difusion; pero la pérdida experimentada por la su-



perficie terrestre es mucho mas rápida y considerable que la de la superficie líquida. Las capas de aire que reposan sobre estas dos superficies deben, en consecuencia, enfriarse distintamente y el aire que se encuentra sobre la tierra, como mas frio y mas denso que el del mar, debe precipitarse hácia el espacio ocupado por el último. Tal es lo que sucede al fin de las noches, y de aquí resulta la brisa de tierra.

Pero cuando el sol ha vuelto á mostrarse sobre el horizonte, sus rayos calientan mucho mas la superficie terrestre que á la masa de aguas, y el aire que á una y á otro lubrica debe calentarse y dilatarse mas sobre la tierra que sobre el mar. Al fin de cada día, el aire mas frio y condensado en esta última soplará hácia la costa y producirá la brisa de mar.

## LECCION ULTIMA

## DEL CALENDARIO.

Llámase *calendario* el sistema seguido por una nacion cualquiera para señalar la division del tiempo por dias, semanas, meses, estaciones y años. Vamos á pasar rápidamente en revista los principales sistemas que han sido empleados por los diferentes pueblos.

La opinion de los sabios es que el año de los Egipcios y Persas tenia 365 dias; de manera que, todos los cuatro años perdía un dia del año solar, y despues de un intervalo de 1460 años llamado *período soltaco* ó *año grande canicular*, volvian á empezar la misma época el año civil y el año solar. Los 365 dias del año componian 12 meses, de 30 dias cada uno, y los 5 dias resultantes se añadian bajo el nombre de *epagómenes* ó dias complementarios. Este calendario es el que ha servido de modelo al de la república francesa.

Los Griegos tenian, al principio, un año de 360 dias, que se dividia en 12 meses de 30 dias cada uno: despues de un período de dos años, que llamaban *trieteride*, intercalaban un mes de 30 dias, de modo que tenian alternativamente un año de 360 dias y otro de 390. De esta manera contaron hasta el siglo sexto antes de nuestra era. Hácia esta época los conocimientos astronómicos, que ya habian hecho progresos, habiendo averiguado quela luna verificaba su revolucion en 29 dias  $\frac{1}{2}$ , doblóse este período para hacer dos meses, uno de 30 dias y otro de 29, que comenzaba por la luna nueva ó la *neomenia*. Pero como los 12 meses no hacian mas pue 354 dias, los 11 dias  $\frac{1}{2}$  que que-

daban, se añadian durante un período de ocho años, llamado *octareide*, y formaban 3 meses intercalares de 30 dias, que tenian su lugar en los años tercero quinto y octavo de este período. Este modo de contar estaba de acuerdo con el curso del sol; pero los Atenjenses, que hacian esta reforma, habian sido informados por el oráculo que el año debia arreglarse por la marcha del sol, y los meses por los de la luna. El año civil, tal como acababan de componerlo, satisfacía en cierto modo la órden de los dioses, pero la segunda parte de esta órden no quedaba ejecutada. En efecto, despues de una octareida, faltábale aún á la luna un dia y medio para cumplir su revolucion. Despues de dos octareidas, se añadió 3 dias complementarios, ó *epagómenes*, y, de ese modo quedó establecido el acuerdo con la luna pero no con el sol.

Para vencer esta dificultad, un famoso astrónomo, llamado Meton, inventó un período ó *ciclo* de 19 años que conciliaba los movimientos del sol y de la luna, abrazando un número limitado de revoluciones de ambos astros. Efectivamente, este período constaba de 235 lunas, á saber, de 12 lunas el año y de otras 7 por los 11 dias sobrantes del exceso del año solar sobre el lunar. Estos siete meses lunares, seis de los cuales eran de 30 dias y el sétimo de 29, se llamaban *embolismicos*. Este arreglo pareció tan perfecto á los Griegos, que cuando les fué propuesto en los juegos olímpicos fué recibido con aplauso extraordinario y adoptado por todas sus colonias. El cálculo de este arreglo fué inscrito en letras de oro sobre las plazas públicas para conocimiento de los ciudadanos, y de aquí le viene el nombre de *número de oro* con que es aun conocido en nuestros almanaques. No obstante el ciclo de Meton no era enteramente exacto, porque despues de 76 años se encontró el adelanto de un dia en el curso de la luna, error que se corrigió estableciendo un período de cuatro ciclos de Meton, del cual se quitó un dia.

El calendario árabe, que es el de los Mahometanos, está únicamente fundado sobre el curso de la luna. El primer dia de cada mes corresponde exactamente á la renovacion de este astro; pero los años de este calendario son muy indeterminados y recorren retrocediendo sucesivamente todas las estaciones del año.

Pasemos al calendario romano. Muy poco se sabe de lo que era antes de Julio César que le reformó. Informado de un astrónomo Egipcio de que el año solar se componia de 365 dias  $\frac{1}{2}$  hizo el año civil de 365 dias, y añadió uno al cabo de cuatro años por la cuarta parte omitida. Este cuarto año, que tiene 366 dias, fué llamado *bisiesto*. Los meses, en número de 12, fueron de 30 y 31 dias, excepto el de Febrere que tuvo 28 en los años



perficie terrestre es mucho mas rápida y considerable que la de la superficie líquida. Las capas de aire que reposan sobre estas dos superficies deben, en consecuencia, enfriarse distintamente y el aire que se encuentra sobre la tierra, como mas frio y mas denso que el del mar, debe precipitarse hácia el espacio ocupado por el último. Tal es lo que sucede al fin de las noches, y de aquí resulta la brisa de tierra.

Pero cuando el sol ha vuelto á mostrarse sobre el horizonte, sus rayos calientan mucho mas la superficie terrestre que á la masa de aguas, y el aire que á una y á otro lubrica debe calentarse y dilatarse mas sobre la tierra que sobre el mar. Al fin de cada día, el aire mas frio y condensado en esta última soplará hácia la costa y producirá la brisa de mar.

## LECCION ULTIMA

## DEL CALENDARIO.

Llámase *calendario* el sistema seguido por una nacion cualquiera para señalar la division del tiempo por dias, semanas, meses, estaciones y años. Vamos á pasar rápidamente en revista los principales sistemas que han sido empleados por los diferentes pueblos.

La opinion de los sabios es que el año de los Egipcios y Persas tenia 365 dias; de manera que, todos los cuatro años perdía un dia del año solar, y despues de un intervalo de 1460 años llamado *período soltaco* ó *año grande canicular*, volvian á empezar la misma época el año civil y el año solar. Los 365 dias del año componian 12 meses, de 30 dias cada uno, y los 5 dias resultantes se añadian bajo el nombre de *epagómenes* ó dias complementarios. Este calendario es el que ha servido de modelo al de la república francesa.

Los Griegos tenian, al principio, un año de 360 dias, que se dividia en 12 meses de 30 dias cada uno: despues de un período de dos años, que llamaban *trieteride*, intercalaban un mes de 30 dias, de modo que tenian alternativamente un año de 360 dias y otro de 390. De esta manera contaron hasta el siglo sexto antes de nuestra era. Hácia esta época los conocimientos astronómicos, que ya habian hecho progresos, habiendo averiguado quela luna verificaba su revolucion en 29 dias  $\frac{1}{2}$ , doblóse este período para hacer dos meses, uno de 30 dias y otro de 29, que comenzaba por la luna nueva ó la *neomenia*. Pero como los 12 meses no hacian mas pue 354 dias, los 11 dias  $\frac{1}{2}$  que que-

daban, se añadian durante un período de ocho años, llamado *octareide*, y formaban 3 meses intercalares de 30 dias, que tenian su lugar en los años tercero quinto y octavo de este período. Este modo de contar estaba de acuerdo con el curso del sol; pero los Atenjenses, que hacian esta reforma, habian sido informados por el oráculo que el año debia arreglarse por la marcha del sol, y los meses por los de la luna. El año civil, tal como acababan de componerlo, satisfacía en cierto modo la órden de los dioses, pero la segunda parte de esta órden no quedaba ejecutada. En efecto, despues de una octareida, faltábale aún á la luna un dia y medio para cumplir su revolucion. Despues de dos octareidas, se añadió 3 dias complementarios, ó *epagómenes*, y, de ese modo quedó establecido el acuerdo con la luna pero no con el sol.

Para vencer esta dificultad, un famoso astrónomo, llamado Meton, inventó un período ó *ciclo* de 19 años que conciliaba los movimientos del sol y de la luna, abrazando un número limitado de revoluciones de ambos astros. Efectivamente, este período constaba de 235 lunas, á saber, de 12 lunas el año y de otras 7 por los 11 dias sobrantes del exceso del año solar sobre el lunar. Estos siete meses lunares, seis de los cuales eran de 30 dias y el sétimo de 29, se llamaban *embolismicos*. Este arreglo pareció tan perfecto á los Griegos, que cuando les fué propuesto en los juegos olímpicos fué recibido con aplauso extraordinario y adoptado por todas sus colonias. El cálculo de este arreglo fué inscrito en letras de oro sobre las plazas públicas para conocimiento de los ciudadanos, y de aquí le viene el nombre de *número de oro* con que es aun conocido en nuestros almanaques. No obstante el ciclo de Meton no era enteramente exacto, porque despues de 76 años se encontró el adelanto de un dia en el curso de la luna, error que se corrigió estableciendo un período de cuatro ciclos de Meton, del cual se quitó un dia.

El calendario árabe, que es el de los Mahometanos, está únicamente fundado sobre el curso de la luna. El primer dia de cada mes corresponde exactamente á la renovacion de este astro; pero los años de este calendario son muy indeterminados y recorren retrocediendo sucesivamente todas las estaciones del año.

Pasemos al calendario romano. Muy poco se sabe de lo que era antes de Julio César que le reformó. Informado de un astrónomo Egipcio de que el año solar se componia de 365 dias  $\frac{1}{4}$  hizo el año civil de 365 dias, y añadió uno al cabo de cuatro años por la cuarta parte omitida. Este cuarto año, que tiene 366 dias, fué llamado *bisiesto*. Los meses, en número de 12, fueron de 30 y 31 dias, excepto el de Febrere que tuvo 28 en los años



comunes y 29 en los bisiestos. Los romanos dividían sus meses en tres épocas: las calendas que caían el primero de cada mes, las nonas que eran el 5, y los idus que llegaban el 13 de cada mes. En los meses de marzo, mayo, julio y octubre, las nonas eran el 7 y los idus el 15. El año determinado por este calendario fué llamado *año juliano*.

Sin embargo, este año tenía 11 minutos y 9 segundos de más, error que hacía un día en cerca de 135 años; y habiendo el concilio de Nicea el año 325 señalado la Pascua el 21 de marzo, día del equinoccio, esta fiesta cayó en 1582 por el 11 del mismo mes. Para evitar este inconveniente publicó una bula el papa Gregorio XIII en que quitaba 10 días del año 1582, mandando que cuando se hubiese llegado el 5 de octubre se contase el 15, y para evitar que otra vez volviera á suceder este error, se hizo otra modificación. Hasta entónces se había añadido con regularidad el día intercalario al mes de febrero cada cuatro años sucesivos: se previno, pues, que en el espacio de 400 años se quitasen tres años bisiestos, de manera que hoy son de esta clase aquellos cuyo índice es divisible por cuatro, y cuando es un año secular, es menester que los quicrisimos significativos, es decir el índice del siglo, sean divisibles por cuatro. Así 1600 ha sido bisiesto, 1700 y 1800 no, 1900 no lo será tampoco, pero sí el año 2000. Corregido en esta forma, el error es tan insignificante, que se puede despreciarlo en muchos millares de años.

Este es el *calendario gregoriano* ó *del nuevo estilo*, que hoy es seguido casi en toda la cristiandad. Los ingleses no lo adoptaron hasta en 1752, y en 3 de setiembre fué trasladado al 14, porque el calendario juliano presentaba entónces un error de 11 días. Solo los Rusos y cristianos del rito griego son los que ahora siguen en Europa el calendario juliano, cuyo año empieza este 12 días después del nuestro, y esta es la causa de la diferencia que vemos entre nuestras fechas y las suyas.

Los meses se subdividen en semanas. Esta es entre nosotros de siete días, que son: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo, nombres derivados de los planetas: así el lunes es el día de la luna, martes el de Marte, miércoles el de Mercurio, jueves el de Júpiter, viernes el de Vénus, sábado el de Saturno, y domingo el del sol según lo indica la etimología. Pero lo que no hubiéramos sabido, si no nos lo hubiesen dicho los historiadores, es el orden en que estos planetas daban sus nombres á los días y á las semanas. Los antiguos, clasificaban á los planetas, ó á lo menos á los astros que miraban como tales según la

duración de su revoluciones de esta manera: Saturno, Júpiter, Marte, Sol, Vénus, Mercurio y Luna. Véase ahora como han dado sus nombres estos planetas á los días de la semana en el orden que hoy día tienen. La 1.<sup>a</sup> hora del sábado estaba consagrada á Saturno que por esta razón daba su nombre al día, la 2.<sup>a</sup> estaba consagrada á Júpiter, la 3.<sup>a</sup> á Marte, la 4.<sup>a</sup> al Sol, la 5.<sup>a</sup> á Vénus, la 6.<sup>a</sup> á Mercurio, y la 7.<sup>a</sup> á la Luna; luego seguían la 8.<sup>a</sup> á Saturno, la 9.<sup>a</sup> á Júpiter, y así sucesivamente hasta la 24, que, según este orden, se encontraba consagrada á Marte. La 1.<sup>a</sup> hora del día siguiente estaba pues consagrada al sol, que sigue después y el día tomaba su nombre; la 2.<sup>a</sup> hora estaba consagrada á Vénus, etc. Se verá siguiendo este cálculo que cada día de la semana viene así á recibir el nombre del planeta á que estaba consagrada la primera hora.

Tenemos aún que decir algo sobre varios términos usados en los calendarios.

El *ciclo solar* es un período de 28 años al cabo de los cuales vuelven á reproducirse en el mismo orden los días de la semana y en los mismos días de los meses, mientras que los años bisiestos se suceden con regularidad cada cuatro años. Los años bisiestos vuelven también á empezar al concluirse el ciclo el mismo curso respecto de los días de la semana sobre que caen los de los meses. El ciclo solar trae su origen de que el año no contiene un número exacto de semanas, pues comprende 52 y 1 día. El ciclo no sería, pues, mas que de 7 años [supuesto que al cabo de este tiempo resultaría una semana del día escedente de cada año], si no hubiese años bisiestos; pero como ocurre uno de estos cada cuatro años; no puede estar completo el ciclo no conteniendo 7 de los mismos, á fin de que el día sobrante de cada uno de estos años componga una semana.

Ya hemos hablado del ciclo de la luna que se llama *número de oro*. Es este un período de 19 años al cabo del cual el sol y la luna se encuentran en la misma posición poco mas ó menos, supuesto que las conjunciones, oposiciones, etc., de estos cuerpos son con diferencia de hora y media las mismas que al principio del período y ocurren los mismos días del año.

Una vez que los años solar y lunar no vuelven á empezar juntos hasta pasados 19 años, habrá en el intermedio un exceso del primero sobre el segundo. Este número de días en que el año solar escede al lunar se llama *epucta*.





TRATADO DE LOS USOS DE LA ESFERA

Y DE LOS GLOBOS CELESTE Y TERRESTRE.

CAPITULO PRIMERO.

§ I.

DEL ORIGEN DE LA ESFERA.

El origen de la esfera parece que se pierde en la oscuridad de los tiempos y se oculta bajo el velo de la fábula.

Diodoro de Sicilia nos enseña que al volver Hércules de algunas de sus expediciones, encontró á unos piratas en una ribera, que habian bajado allí para tomar algunos refrigerios. Estos piratas, por orden de Busiris, rey de Egipto, habian robado á las siete hijas de Atlas, poseedor de grandes riquezas en la parte mas occidental del Africa: la belleza de estas jóvenes, y aun mas su recato habian escitado el amor de Busiris.

Noticioso Hércules de esta ocurrencia, ataca y mata á los raptos, libertando á las doncellas y devolviéndolas á su padre. La desesperacion de Atlas se trueca en alegría y reconocimiento, y no solo regala al libertador de sus hijas una parte de los frutos que componian toda su riqueza, sino que quiso iniciarle en los principios de la astronomía. Como hombre muy versado en esta ciencia, tenia casi siempre Atlas una esfera en la mano; dió otra semejante á Hércules, el cual llevó á la Grecia sus nuevos conocimientos, lo que hace decir á Diodoro que este héroe enseñó á los Griegos la ciencia de la esfera; de aquí tiene tambien su origen la fábula que representa á Atlas sosteniendo al cielo en sus espaldas y á Hércules que le ayuda en tan penoso cargo.

Créese que Hércules hizo descubrimientos importantes en la astronomía; qae habia fijado en el zodiaco los puntos de los equinoccios y de los solsticios, y que predijo el eclipse del sol que debia acaecer el mismo día que habia escogido para morir en el monte Ceta.

*Hércules astrologus fuit, qui eo se flammis conjesit die quo solis erat osecuritas futura, ut opinion sua divinitatis confirmaretur.* (Festus citado por Vives.)

Es tan minuciosa la narracion de Diodoro, que casi se creeria verdadera. ¿Pero qué pensaremos de la eleccion de los argonautas fundada en la ciencia de Hércules, cuando es sabido que el



tráfico de la Grecia á Colchida se hace las mas de las veces en simples barcas? Por mas maravillas que los historiadores hayan publicado, los poetas les han sobrepujado; y la ficcion que nos representa á Atlas cargado con el peso del cielo, nos demuestra indudablemente la empresa inmensa de la investigacion de las causas, como una tarea superior á la flaqueza humana.

La semana empezaba entre los Egipcios por el dia de Saturno, el sábado; entre los Indios por el viérnes, y nosotros la empezamos por el domingo: la eleccion de este primer dia es arbitrario; pero lo que es verdaderamente admirable es que el orden de los planetas que preside á estos dias es uno mismo é invariable en todas partes.

La antigüedad no nos ofrece nada que pueda darnos alguna idea acerca del sistema de los Caldeos los mejores astrónomos sin disputa. Aunque tenian necesariamente un gran conocimiento de la esfera, planetas y constelaciones, eran sin embargo tan celosos de su sistema astronómico, que han dejado ignorados hasta los nombres mismos que les habian dado.

En fin, *Thales* de Mileto, uno de los siete sabios de la Grecia, y fundador de la escuela de Jonia, habiendo comprendido el movimiento exacto y regular del mundo, se persuadió fácilmente que su forma era esférica, y pensó que solo un cuerpo esférico podia moverse en proporciones tan exactas.

Viésele con asombro dar una nueva forma al universo. El cielo perdió, digámoslo así, su inmensidad entre sus manos, y se redujo á los límites de una máquina cuyo estrecho recinto le representaba con todo enteramente. Distribuyó el cielo en cinco partes circulares, dos pequeñas, dos medias y una grande, cortadas todas en ángulos rectos por dos grandes círculos, uno de los cuales servia para separar la parte del mundo, actualmente iluminada, de la que no lo está, y la otra para marcar el punto preciso en que el sol se encuentra cada dia cuando se halla en la mitad de su carrera; las dos menores de estas cinco porciones desiguales y circulares, no se encuentran jamas en el camino de este astro, que encerrado entre las dos medias, recorre el intervalo que las separa, trazando oblicuamente, al derredor de la gran porcion que divide este intervalo, un círculo luminoso que es á la vez la medida del año y la diferencia de las estaciones.

Es muy fácil reconocer en esta distribucion las cinco zonas por medio de los cinco círculos, y el uso de estos diferentes círculos segun su magnitud. Los dos menores son el ártico y el antártico que el sol no encuentra jamas en su camino: los dos medianos son los trópicos, cortados en ángulos rectos por el horizonte y

por el meridiano. La gran porcion que divide el intervalo entre los dos trópicos, es el ecuador, cortado oblicuamente por la eclíptica, que el astro describe al derredor de este mismo círculo.

*Thales* distribuyó en dias y en partes de dia, el tiempo que el sol emplea en recorrer el espacio que separa ambos solsticios; y evaluó en grados y en porciones de grado el arco del gran círculo comprendido entre estos dos puntos. Este filósofo astrónomo determinó exactamente la magnitud de los ángulos que forma la oblicuidad de la eclíptica con respecto al ecuador; en fin, enseñó á los navegantes á preferir, para guiarse, la osa menor á la mayor, porque aunque menos sensible en efecto, indica con mas seguridad el verdadero norte del mundo.

## § II.

## DEL ORIGEN DEL GLOBO CELESTE. "ALFONSO REYES"

Si se cree á la tradicion comun, el inventor del globo celeste es Arquímedes. Era este el mueble de vidrio mas considerable que adornaba las bibliotecas de los antiguos. Ciceron habla con entusiasmo de esta obra maravillosa, en la cual se hallaba representado el movimiento de los planetas, esto es, todo lo que nos enseñan los antiguos.

## § III.

## DEL ORIGEN DEL GLOBO TERRESTRE.

Anaxímandro, discípulo y sucesor de *Thales* en la escuela de Mileto, despues de haber imaginado la tierra suspendida en medio del universo, y agitada por un movimiento de rotacion, cuyo centro era el del mundo mismo, supuso esta tierra esférica, y fué el primero que concibió la idea de representar sobre un cuerpo esférico, todas las partes conocidas de su tiempo.

Estas invenciones, aunque informes en verdad, en su principio, se fueron perfeccionando poco á poco. El socorro de la geometría y de las observaciones astronómicas, contribuyó á hacer el servicio del globo terrestre así como el de la esfera ó globo celeste, seguro y fiel, haciendo á este conforme á los aspectos del cielo y á los movimientos de los astros. "El trabajo de los antiguos, dice *Pluche*, fué por mucho tiempo la principal regla del estudio que se hacia del cielo, y sirve aun hoy en dia para explicar un método simple del orden de nuestros dias en todos los paises; así pues conoscamos el valor del bien que nos han dejado." (*Spect. de la Nat.*, t. IV, p. 358.)



“El Globo terrestre añade el mismo autor, pudiendo llevar alternativamente todos sus puntos bajo el meridiano, y pudiendo el meridiano subir ó bajar el eje del mundo resbalando en las muescas del horizonte, nos es fácil determinar los aspectos del cielo respectivamente á todos los pueblos de la tierra, medir las distancias de los lugares, conocer la duracion de los dias y de las noches en todas partes, el momento de la salida ó puesta del sol la hora en que se halla en tal parage, conocer cuando es medio-día en tal ó tal sitio, en una palabra, satisfacer con ayuda de una esfera ó de un globo, á todas las cuestiones que atañen la disposición de los lugares, tanto del globo, como de los respectivos al sol y á todo el cielo.”

## § IV.

## DE LA MAQUINA GEO-CICLICA.

El abate de Cannye en sus investigaciones sobre Anaxíandro, observa que este filósofo podia explicar todas las operaciones del sol, por medio de una figura descrita por Plutarco, como son sus eclipses, su salida y su ocaso: para estas últimas no tenia necesidad mas que de cerrar, de cuando en cuando, la especie de boca que vomitaba el fuego de que se componia este astro, y presentando sucesivamente los diferentes puntos de la órbita donde encajaba el sol á las diversas partes de la tierra, les dispensaba alternativamente la luz y las tinieblas.

Hay motivo para presumir que James Ferguson, astrónomo inglés imaginó en 1700, sobre el plan de esta figura, una esfera con linterna, cuya descripción se halla en su astronomía. Esta máquina cuya invencion se han apropiado despues muchos autores, fué ejecutada en 1773, por Fortin, ingeniero mecánico de globos y esferas.

La geo-cíclica demuestra con sencillez las revoluciones aparentes del sol, la sucesion de las estaciones, las desigualdades de los dias y de las noches, las fases de la luna, etc. Daremos su descripción y sus usos.

## CAPITULO SEGUNDO

## § I.

## COMPENDIO DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DEL MUNDO.

La explicacion del arreglo y de las apariencias que presentan las partes del sistema solar ha sido, durante siglos enteros el ob-

jeto del estudio de los doctos. Todo estriba en el conocimiento del cuerpo que es realmente el centro de todos los movimientos: si es el sol ó la tierra. La dificultad de establecer este punto capital ha dado lugar á diversas opiniones de las cuales vamos á exponer las principales.

## § II.

## SISTEMA DE PTOLOMEU.

Ptolomeo, el primer astrónomo conocido por haber compuesto un cuerpo completo de astronomía, coloca la tierra fija en el centro del universo al rededor de la cual hace mover circularmente de oriente á occidente en el espacio de 24 horas diferentes cielos y todos los astros, por el movimiento de un primer móvil, cuyo efecto, es la constante y perpétua vicisitud del dia y de la noche.

Segun este sistema, los cuerpos celestes se mueven al rededor de la tierra, siendo el mas cercano la luna: despues vienen Mercurio, Vénus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, y por último el firmamento ó el cielo y las estrellas fijas que son las mas altas de todas encima del cual se halla el primer móvil.

Ademas de este movimiento común á todos los astros, atribúyeles otro Ptolomeo, que les es propio, que se efectúa de occidente á oriente, y en virtud de este movimiento verifican, en tiempos diferentes, los planetas y las estrellas fijas sus revoluciones particulares sobre los polos de un círculo oblicuo, llamado eclíptica; la luna, en 27 dias 7 horas 43', Mercurio, en 87 dias 23 horas; Vénus, en 224 dias 17 horas; el Sol, en 365 dias 6 horas; Marte, en 1 año 321 dias y 23 horas; Júpiter, en 11 años comunes 317 dias; Saturno en 29 años, 177 dias. No bastando estos dos movimientos para dar cuenta de las diferentes distancias de los planetas á la tierra, se vió obligado Ptolomeo de imaginar círculos escéntricos, esto es, órbitas cuyo centro se halla mas ó menos distante del centro de la tierra, llamándose *escentricidad* la distancia que media entre el centro de la tierra y el de la órbita escéntrica del planeta; cuando se halla en la parte mas lejana de la tierra de su órbita escéntrica se llama *apogeo* y la parte mas vecina de la tierra se llama *perigeo*. Ademas, este astrónomo, para explicar la irregularidad de los movimientos da á cada planeta un *epiciclo*, esto es, un círculo pequeño que tiene dos movimientos irregulares, uno al rededor de un círculo máximo, otro sobre su propio centro; lo que hace que su sistema sea muy complicado, no obstante lo cual ha gozado de larga celebri-



dad, y tanto mayor, cuanto que se le creia fundado sobre la evidencia ocular.

Luna,	hace su revolucion en 27 dias y 8 horas.
Mercurio,	en 87 dias y 23 horas
Venus,	224 dias y 17 horas.
Sol,	365 dias y 6 horas.
Marte,	1 año 321 dias y 23 horas.
Júpiter,	11 años 317 dias.
Saturno,	29 años, 177 dias.

## § III.

## SISTEMA DE COPERNICO

Este sistema cuya base sentó Pitágoras, sostuvieron Philolao, Aristarco y Cleanto de Samos, y combatieron largo tiempo la ignorancia y la preocupacion, parece que no ha prevalecido mas que por la fuerza de la verdad. Destruido bajo el reinado de la filosofia peripatética, fué restablecido por el polaco Copérnico, despues de treinta años de trabajo, á mediados del siglo XVI. Este astrónomo tan sabio como prudente, vuelve á poner al sol inmóvil en el centro del mundo, como una antorcha que le ilumina y vivifica, dándole un movimiento de rotacion sobre él mismo. La tierra gira en veinte y cuatro horas al derredor de su eje, y describe al mismo tiempo un círculo al derredor del sol en el espacio de un año. Este sistema de acuerdo así con la sencillez que emplea el Criador en todos sus medios, explica los fenómenos con una verdad reconocida por las observaciones con muchas menos suposiciones que Ptolomeo, y mucho mejor que todos los que le han precedido.

Mercurio,	hace su revolucion en 87 dias y 23 horas.
Venus,	224 dias y 17 horas.
Tierra,	365 dias y 6 horas.
Marte,	1 año y 322 dias.
Vesta,	4 años.
Juno,	4 años y 123 dias.
Ceres,	4 años y 122 dias.
Palas,	4 años y 224 dias.
Júpiter,	11 años y 317 dias.
Saturno,	29 años y 177 dias.
Urano	83 años 294 dias

En este sistema, la tierra y todos los planetas se mueven al rededor del sol en distancias desiguales y efectúan su revolucion en diferentes tiempos. La tabla siguiente presenta estos planetas en su órden de distancia, y ofrece la duracion de sus revoluciones al rededor del sol. La distancia del sol á la tierra está tomada por término de comparacion.

Nombres de los planetas.	Distancias medias al sol,	Duracion de sus revoluciones.
Mercurio.	0,387	87,969 dias.
Vénus.	0,723	224,701.
La Tierra.	1,000	365,256.
Marte.	1,524	686,980.
Vesta.	2,373	1335,205.
Juno.	2,667	1590,998.
Céres.	2,767	1681,539.
Palas.	2,768	1681,709.
Júpiter.	5,203	4,332,596.
Saturno.	9,539	10,758,970.
Urano.	19,183	30,688,713.

Los planetas que tienen satélites los arrastran consigo al rededor del sol; estos planetas secundarios giran al rededor de su planeta principal en tiempos diferentes y en distancias desiguales que los astrónomos han determinado. Así es que la luna satélite de la tierra, hace su revolucion al rededor de nosotros en 27 dias. El primer satélite de Júpiter gira al rededor de su planeta en un dia, 7691; el segundo en 3 dias, 5512; el tercero en 7 dias, 1546; el cuarto en 16 dias, 6888. Podriamos referir del mismo modo la duracion de las revoluciones de los satélites de Saturno y de Urano; pero esta es menos importante que la de los satélites de Júpiter que son de mayor interes y una grande utilidad para la geografia y la navegacion.

Ademas del movimiento de traslacion que anima á los planetas, se ha reconocido en todos los que tienen un disco sensible un movimiento de rotacion al rededor de un eje principal. Muchas y muy fuertes analogias hacen pensar que los planetas telescópicos y los satélites están dotados de un movimiento semejante.

Con respecto á la tierra el movimiento de rotacion que se



opera en 24 horas de oriente á occidente al derredor de un eje inclinado, es el que nos trae la noche y el día, y hace pasar á nuestra vista, en el intervalo de un día, todo el espectáculo maravilloso de la bóveda de los cielos.

Por la inmovilidad del sol, y los movimientos de traslacion y de rotacion de la tierra, explica Copérnico de un modo satisfactorio la diversidad de las estaciones, la desigualdad de los días, y una porcion de otros fenómenos que indicaremos, y que no podrian ser comprendidos sin esta hipótesis.

Admitiendo este sistema, que el movimiento del sol no es mas que aparente, es menester comprender, que cuando decimos que el sol está en un signo, la tierra está en otro diametralmente opuesto; que cuando el sol nos parece que tiene una declinacion septentrional, la tierra está realmente en otra meridional; que el sol cuando nos parece que vuelve de oriente á occidente, es la tierra que gira de occidente á oriente.

Este sistema no hay duda que parece estar en abierta contradiccion con nuestros sentidos, pero es en un todo preferible al de Ptolomeo, porque da rigurosamente razon de todas las apariencias de los astros. Las observaciones hechas y por las cuales se ha descubierto que el Sol, Júpiter, Marte y Vénus, giran sobre sus ejes, dan un gran peso á la evidencia de este sistema.

## § IV.

## SISTEMA DE TICO-BRAHE.

Es muy natural el decir dos palabras acerca del sistema de Tico-Brahe, ya que se ha hablado del de Ptolomeo. Tico ha intentado vanamente oponer un nuevo sistema al de Copernico. Segun él la tierra está inmóvil en el centro del universo; todos los astros se mueven cada día al rededor del eje del mundo; y el sol en su revolucion anual arrastra consigo á los planetas. En esta hipótesis las apariencias son sin duda las mismas que en las del movimiento de la tierra; pero no es un absurdo el suponer inmóvil á la tierra en el espacio, mientras que el sol arrastra á los planetas en medio de los cuales se encuentra aquella situada?

## CAPITULO III.

## DE LA ESFERA Y DE LOS GLOBOS.

Se llama esfera *sphæra*, *globus*, *bola*, ó *globo*, á un instrumento que sirve para representar el cielo ó la tierra. Se

distinguen dos clases de globos, el uno celeste y el otro terrestre.

El *globo celeste* es una bola destinada á representar las constelaciones y los movimientos planetarios, la eclíptica, el ecuador, los círculos de latitud, los círculos de declinacion, el meridiano y el horizonte.

El globo terrestre es una bola que nos representa á la tierra, sus continentes, sus ciudades, sus mares y todas sus regiones.

Pero la *esfera* llamada *armilar*, de *armilla*, anillo collar, á causa de su composicion, es un globo vacío y cortado, de modo que no queda mas que el conjunto de muchos círculos colocados entre sí en el mismo orden que los diferentes círculos imaginados en el cielo para marcar la huella ó el paso de los astros que ruedan por él, y los límites precisos que terminan sus carreras, ya sea suponiendo á la tierra estable, como lo ha creído Tolomeo, ó móvil como lo ha demostrado Copérnico.

## DESCRIPCION DE LA ESFERA ARMILAR

## O ESFERA DE TOLOMEO.

La esfera armilar es un instrumento astronómico que representa, de un modo natural y sensible, el movimiento del cielo y de los astros. En el centro está fijado un pequeño globo terrestre con su inclinacion. En el interior están dos bandas delgadas de cobre, atadas á 23° 30' del polo ártico, verdadero punto del polo de la eclíptica, la una para el sol, la otra para la luna; á fin de dar una idea aproximativa de sus movimientos y eclipses. Todos los círculos móviles, encajados los unos en los otros, forman una especie de armazon que gira dentro del círculo del meridiano, sobre dos puntos fijos y determinados llamados *polos*, de *polus*; *verto*; girar; el uno ártico porque está cercano á una constelacion compuesta de siete estrellas, llamada por los griegos *septentrio*, por los latinos, y *osa* por nosotros y el otro *antártico* de *contra* por estar opuesto al primero. El meridiano que se eleva verticalmente sobre el horizonte, es recibido, en su parte inferior, por una incision hecha en la columna de sostén que sostiene al instrumento, y sus lados por dos cortaduras practicadas en el horizonte, al norte y al sur; este círculo se eleva y baja á voluntad. El horizonte está sostenido por cuatro apoyos atados á la misma columna de sosten.

Adviértense en la esfera los puntos, los ejes y los círculos.



## PUNTOS.

Los puntos son en número de diez, cuatro de los cuales se llaman *cardinales* de *cardines*, gornés de una puerta, porque en las operaciones gira todo sobre estos puntos; los demás cuatro se llaman *colaterales* y dos *verticales*.

Los puntos cardinales marcan las cuatro principales partes ó regiones del mundo llamadas *septentrion*, *mediodia*, *oriente* y *occidente*; ó de otra manera, *norte*, *sud*, *este* y *oeste*.

Los dos puntos por los cuales pasa el meridiano en el horizonte, se llaman *norte* y *sud*, *norte* ó *septentrion*, del lado hácia el cual se inclina el polo ártico ó boreal; *sud* ó *mediodia* del lado bajo el cual se halla bajado el polo antártico ó austral. Los otros dos puntos en los cuales el eje, que se puede suponer en el meridiano, va á cortar al horizonte, son el *este* ú *oriente*, y el *oeste* ú *occidente*. Estos cuatro puntos cardinales son fijos y siempre colocados en el horizonte.

Los puntos de *oriente* ú *occidente* son puntos móviles que cambia el sol cada día segun sale y se pone; pero cuando se habla de *oriente* y *occidente* debe entenderse los puntos en que el sol sale y se pone en los días de equinoccio.

El *oriente* es el punto en que sale el sol; el *occidente* el punto en que el sol se pone.

Los cuatro puntos colaterales son el *oriente* y *occidente* de *verano* esto es, los puntos en que el sol sale y se pone en el día mas largo del año; el *oriente* y *occidente* de *invierno*, esto es, los puntos en que sale y se pone el sol en el día mas corto del año.

Los dos puntos verticales son el *zenit* y el *nadir*.

El *zenit* es el punto que directamente corresponde encima de nuestra cabeza, al que va á dirigirse el hilo del péndulo cuando se supone prolongado este hilo desde lo alto hasta la concavidad del cielo. Siendo este punto el mas elevado, está siempre remoto de 90° ó de un cuarto de círculo de todos los puntos del horizonte.

El *nadir* es el punto inferior directamente opuesto al *zenit*, hácia el cual se dirige la parte inferior del péndulo ó el plomo del hilo por la gravedad natural.

Estos dos nombres nos vienen de los árabes que fueron los primeros en distinguir estos dos puntos.

Así pues, cada punto de la tierra tiene su *zenit* y su *nadir*, particulamente si se imagina una línea cayendo á plomo por me-

dio del horizonte, y que tiene ambas estremidades igualmente distantes. Esta línea será el eje del horizonte, y los dos puntos que terminan este eje, serán el *zenit* y el *nadir*.

## § II.

## LOS EJES.

El eje de un círculo es una línea que se imagina pasar por el centro y cuyos dos extremos, llamados polos, están igualmente distantes y terminan el círculo.

Hay cuatro ejes importantes que distinguir en la esfera, y que son: 1° el eje del mundo sobre cuyos polos gira el cielo ó parece girar; 2° el eje del horizonte cuyos polos son el *zenit* y el *nadir*; 3° el eje de la eclíptica sobre cuyos polos se hace el movimiento de las estrellas y del sol; 4° el eje del meridiano cuyos polos dan en el horizonte los puntos del verdadero *oriente* y del verdadero *occidente*.

## § III.

## LOS CIRCULOS.

Distínguense seis grandes círculos y cuatro pequeños. Los seis mayores se llaman así porque tienen todos un centro comun, y por esta razón cortan la esfera en dos partes iguales.

Los grandes círculos son el *ecuador*, la *eclíptica*, el *horizonte*, el *meridiano*, el *coluro* de los *equinoccios*, el *coluro* de los *solsticios*. Los cuatro menores son el *tropico* de *Cáncer*, el *tropico* de *Capricornio*, el círculo polar *ártico*, el círculo polar *antártico*.

Cada círculo grande ó pequeño está dividido en 360 partes llamadas *grados* (°); cada grado se divide en 60 minutos ('); el minuto en 60 segundos ("); el segundo en 60 terceros ("). Esta subdivisión se hace tantas veces cuantas se juzgue necesaria. La división en 360° ha merecido la preferencia, porque las subdivisiones se expresan por números redondos que se descomponen y añaden fácilmente.

1° El *ecuador* es un gran círculo igualmente distante del polo ártico y del polo antártico; es llamado tambien *línea equinoccial* ó simplemente *línea* por los marinos, porque describiendo este círculo el sol, ó pareciendo describirle en su movimiento diurno, dá los equinoccios, esto es, que el día es igual á las noches en todos los parages de la tierra, por estar este astro doce horas encima y otras tantas debajo del horizonte; lo cual su-



cede dos veces al año á seis meses de distancia cuando está á  $41^{\circ} 10'$  de altura meridiana ó á la misma altura que el ecuador que corresponde á París. El uno se llama equinoccio de primavera el 21 de marzo, y el otro equinoccio de otoño. el 22 de Setiembre.

Este círculo divide al cielo en dos partes iguales; de las cuales la una se llama hemisferio septentrional, y el otro hemisferio meridional.

El sol recorre por hora  $15^{\circ}$  de este círculo, y por consiguiente toda su circunferencia en 24 horas; tal es el día natural.

Los dos puntos de interseccion de este círculo con el horizonte, marcan el verdadero oriente y occidente, es decir, el punto en que el sol se levanta y se pone en tiempo de los equinoccios. Con estos dos puntos y los dos polos del mundo, se tienen ya los cuatro puntos cardinales: el este, el oeste, el norte y el sur.

Tambien por este círculo se empieza á contar en el meridiano las latitudes terrestres hácia el uno ú otro de los polos, hasta  $90^{\circ}$  porque no hay mas que  $90^{\circ}$  entre el ecuador y los polos, donde acaban todas las latitudes y se confunden en un solo punto. Tambien sobre este mismo círculo se cuentan las longitudes terrestres hasta  $360^{\circ}$ .

Para entender mejor lo que se acaba de decir, es necesario ante todo, saber que la latitud es la distancia al ecuador del norte al sur contada sobre el meridiano; que la longitud es la distancia medida del este al oeste, y llámase *longitud* porque la de los países conocidos era mas grande en este sentido que en el de norte á sur, cuando los primeros geógrafos establecieron sus medidas. Es menester concebir despues un arco de círculo máximo perpendicularmente bajado al ecuador desde un parage dado; el número de grados comprendidos en este arco, expresa la latitud del paraje; y el número de los grados del ecuador comprendidos entre este arco de círculo máximo y el primer meridiano, expresa la longitud del mismo lugar. Resulta que todos los parages, igualmente distantes del ecuador, tienen la misma latitud, y que los situados bajo el mismo meridiano, tienen igual longitud. Cuéntanse pues una infinidad de latitudes y longitudes sobre el globo.

El ecuador y los polos que se observan igualmente en la tierra; y así como el ecuador celeste determina las estaciones, el ecuador terrestre determina la temperatura y el grado de calor ó de frio en las diferentes regiones.

Este círculo se divide de tres maneras; en tiempos, es decir, en veinticuatro partes iguales que indican las horas que el sol

emplea en pasar al meridiano; de 15 en  $15^{\circ}$ , que recorre en el espacio de una hora, y en  $360^{\circ}$  que forman la revolucion entera. Estas tres divisiones indican igualmente las ascensiones rectas del sol y de los astros, ó las cantidades cuyos astros pasan al meridiano mas pronto los unos que los otros. Se empiezan las divisiones por la interseccion del ecuador con la eclíptica que se hace al principio del signo del Aries.

En fin, por este círculo, se cuentan los climas de media en media hora, tanto hácia el norte como hácia el sur.

2<sup>o</sup> La *eclíptica* llamada así de desfallecimiento, ó *deficio*. Este círculo se llama así porque la luna está siempre en la eclíptica, poco mas ó menos, cuando hay un eclipse de luna ó de sol. Este círculo indica la ruta aparente y anual del sol; corta el ecuador en dos puntos, pero se aleja de él para formar dos ángulos oblicuos de  $23^{\circ} 28'$  cada uno que marcan su mayor oblicuidad ó su mayor distancia al ecuador.

Este círculo está dividido en  $360^{\circ}$ , y ocupa el punto medio de una banda circular, ancha de unos  $17^{\circ} 20'$ ; ó de  $8^{\circ} 30'$  de cada lado; esta banda se llama *zodiaco*, de una palabra griega que significa animal, porque en su latitud están marcados los doce signos que tiene nombres y están representados bajo la figura de animales.

No se hace mencion del zodiaco en muchos tratados de astronomía, pues no sirve mas que para indicar el espacio en el cual están encerrados los planetas que se alejan de la eclíptica todo lo mas de  $8^{\circ} 30'$ . Así es que se dá á esta banda una cierta extension al norte y al sur de la eclíptica, á fin de que encierre las órbitas de los planetas, de las cuales algunas están inclinadas de muchos grados sobre la eclíptica, es decir, que la cortan en dos puntos diametralmente opuestos, y que entre estos dos puntos se desvían algunos grados hácia el norte ó hácia el sur. Los puntos de las secciones se llaman *nudos*, y no son los mismos para todos los planetas, y tampoco son fijos, es decir que la órbita de un planeta no corta siempre la eclíptica en el mismo punto.

De este círculo se cuentan las latitudes de los astros hácia los polos hasta  $90^{\circ}$ ; y sobre este mismo círculo se cuentan sus longitudes de signos en signos hasta doce.

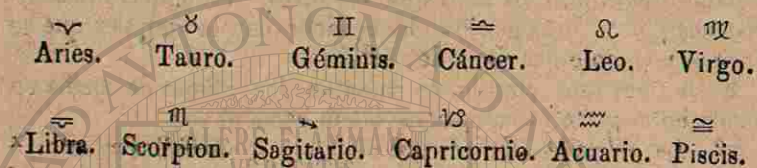
La latitud de un astro es el número de grados del arco de un círculo máximo, bajado del centro de este astro perpendicularmente sobre la eclíptica.

La longitud de un astro es el número de los grados de la eclíptica, comprendido entre los puntos de Aries y del arco del cír-



óculo máximo, bajado del centro de este astro perpendicularmente sobre la eclíptica.

Este mismo círculo está aún dividido en doce partes iguales á 30° cada una, que se llaman *signos*. El sol recorre cada signo en un espacio de cerca de 30 días. Hé aquí sus caracteres y sus nombres:



Los seis primeros pertenecen á la mitad de la eclíptica que está al lado del norte y se llaman septentrionales; el sol los recorre desde el 21 de Marzo hasta el 22 de Setiembre.

Los otros seis de la parte del sur se llaman meridionales; el sol los recorre desde el 22 de Setiembre hasta el 21 de Marzo.

Cada uno de estos signos está dividido en treinta partes iguales que se llaman grados. El sol por su movimiento, recorre en un año como acabamos de decir, estos doce signos, haciendo por día poco menos de un grado; y la luna los recorre en 27 días y medio, haciendo cada día por su movimiento propio cerca de 13 grados.

Resulta que en nuestro hemisferio, los tres primeros signos nos dan la primavera, los tres siguientes, el verano; los otros tres, el otoño; y los tres últimos, el invierno. En efecto, el sol entra en el *Aries* el 21 de Marzo; en el *Tauro*, el 20 de Abril; en *Géminis*, el 21 de Mayo; en el *Cáncer*, el 21 de Junio; en *Leo*, el 22 de Julio; en *Virgo*, el 23 de Agosto; en *Libra*, el 22 de Setiembre; en *Escorpio*, el 23 de Octubre; en *Sagitario*, el 22 de Noviembre; en *Capricornio*, el 21 de Diciembre; en *Acuario*, el 19 de Enero; en *Piscis*, el 18 de Febrero. Tal es el orden observado en los globos para indicar la correspondencia de los días con los signos del zodiaco, y para encontrar el día del año en que el sol corresponde en cada grado de los doce signos.

Entre estos doce signos se distinguen cuatro puntos principales que sirven de punto á las cuatro estaciones de los Europeos.

Los principios de *Aries* y de *Libra* caen bajo el ecuador. El 21 de Marzo el sol se encuentra en el signo de *Aries* y el 22 de Setiembre en el de *Libra*. El día es entonces igual á la noche en todos los países del mundo; el sol está á una distancia igual de un polo á otro, y sale por el verdadero Oriente con toda

exactitud poniéndose tambien exactamente por el Occidente; por esta razon se da el nombre de *equinoccios* á estos dos días tan notables.

Los dos puntos de la eclíptica, situados entre los *equinoccios*, y en los cuales se encuentran el sol cuando mas lejano está del ecuador, han sido llamados *solsticios*, *solis stationes*, porque este astro, llegado á su mayor grado de alejamiento, parece estar algunos días en la misma distancia del ecuador y detenerse antes de acercarse á este círculo. Estos dos puntos son los principios del *Cáncer* y del *Capricornio*. El sol entra en el principio del *Cáncer* el 21 de Junio, que es el solsticio de verano, entra en el *Capricornio* el 21 de Diciembre, que es el solsticio del invierno; estos dos puntos solsticiales están lejanos del ecuador de 23° 28'.

En fin, la eclíptica corta la esfera en dos partes iguales, pero oblicuamente con relacion al ecuador. Esta oblicuidad que hace dos mil años era de unos 24°, no es hoy día mas que de unos 23° 28' y disminuye cerca de un minuto cada cien años. Desde este círculo que forma la declinacion del sol, se cuentan las latitudes de los astros, como se ha dicho ya; y sobre este mismo círculo se cuentan las longitudes, empezando por el primer grado de *Aries*, avanzando por *Tauro*, *Geminis*, etc.

En una palabra la eclíptica es á las latitudes y longitudes celestes, lo que el ecuador á las latitudes y longitudes terrestres.

El *horizonte* es un círculo máximo cuyo nombre deriva del griego y significa *límite*. Distínguense dos clases de horizonte, el *sensible* ó *visual*; y el *racional*, *matemático*.

El horizonte sensible ó visual es un círculo que limita y termina la parte del cielo que se ve cuando se está en medio del campo; este círculo tiene por centro el ojo del que lo observa.

El horizonte racional ó matemático es un círculo que corta y divide el mundo en dos partes iguales; este círculo tiene por centro el centro mismo de la tierra. Ambos horizontes tienen por polo el nadir y el zenit. No puede darse un paso sin mudar de horizonte y por consiguiente de zenit y nadir.

Este círculo sirve para dar á conocer la salida y ocaso de los astros; se dice que un astro sale cuando empieza á aparecer por encima del horizonte y se pone cuando se oculta por debajo del mismo.

Divide este círculo á la esfera ó el globo en dos hemisferios llamados el uno superior y visible que tiene el zenit por polo, y el otro inferior ó invisible cuyo polo es el nadir.

En la parte exterior de este círculo se marcan los 32 rumbos del viento. El norte y el sur están en las intersecciones del



meridiano con el horizonte; el norte tiene la interseccion mas vecina del polo ártico, y el sur la interseccion opuesta.

Ademas la circunferencia de este círculo está dividida en cuatro partes de  $90^\circ$ , que empiezan al punto de este y de oeste, y terminan por una y otra parte en el meridiano. Estos grados sirven para marcar las amplitudes ortivas y ocasos de los astros cuando al salir y al ponerse cortan el horizonte. La segunda graduacion indica los signos del zodiaco conforme corresponde á los meses, y la tercera indica los meses.

4º El *meridiano* es un círculo máximo que pasa por los polos del mundo y por el zenit y el nadir. Llámase así de *meridies*, mitad del dia, punto donde está el sol cuando despues de haber subido al grado mas alto del mundo de su carrera empieza á bajar: es mediodia para todos los que están en la parte de este círculo opuesta al sol, y media noche para los que están en la parte opuesta del mismo círculo. Pueden imaginarse tantos cuantos puntos hay en el ecuador; y no puede darse un paso de oriente á occidente ó de occidente á oriente sin mudar de meridiano; pero puede irse de un polo á otro sin variar.

Este círculo divide el globo ó la esfera en dos hemisferios uno oriental y otro occidental. Corta el horizonte de medio en medio por el norte y el sur, separando igualmente los lados de oriente y occidente; está graduado en sus grados marcan la cantidad que el polo está elevado sobre el horizonte.

5º y 6º Los *dos coluros* son dos círculos que se encuentran y se cortan en ángulos rectos en los polos del mundo. Su nombre viene de una palabra griega que significa cortado ó partido, sea con motivo de las cortaduras hechas á estos dos círculos para sostener todos los demas, ó sea porque los habitantes de la esfera oblicua que tienen uno de los polos elevado hácia el horizonte no ven jamas estos círculos enteros en la revolucion de la esfera en 24 horas. Llámase el uno, coluro de los *equinoccios* y el otro coluro de los *solsticios*.

El coluro de los equinoccios se llama así porque corta el ecuador y la eclíptica en los primeros puntos de Aries y Libra, donde tienen lugar los equinoccios de primavera y otoño. Este círculo sirve para contar las ascensiones rectas por los ángulos que hace con los demas meridianos ó círculos de declinacion. Todos los astros colocados sobre este coluro, tienen de cero á  $180^\circ$  de ascension recta, pero sus longitudes varian.

Pasando el coluro de los solsticios como el de los equinoccios por los polos del mundo ó del ecuador, llámase así porque corta la eclíptica en los puntos del Cáncer y de Capricornio, que son

los de mayor oblicuidad, y por consiguiente los mas lejanos del ecuador, los cuales dan los solsticios de invierno y de verano, es, decir los dias mas largos y cortos. Es este círculo un meridiano al cual se ha dado un nombre particular, y es tanto mas notable cuanto que sirve para medir la oblicuidad de la eclíptica, y es á la vez círculo de declinacion y círculo de latitud. Todos los astros colocados sobre este coluro tienen  $90^\circ$  ó  $27^\circ$  de ascension recta y de longitud.

Estos dos círculos dividen la eclíptica en cuatro partes, y distinguen las cuatro estaciones del año.

Como hemos observado por  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\Pi$ , son para la primavera;  $\zeta$ ,  $\eta$ ,  $\Theta$  son para el verano;  $\iota$ ,  $\kappa$ ,  $\Lambda$  para el otoño;  $\nu$ ,  $\xi$ ,  $\Omega$  para el invierno.

## § IV.

Los cuatro círculos menores son los trópicos y los círculos polares. Cada dia el sol por su movimiento diurno parece describir círculos paralelos al ecuador. Cuando ha llegado á su mayor distancia, que es de  $23^\circ 28'$ , describe el menor paralelo que puede describir, y este se llama *trópico*, de una palabra griega que significa *volver*, porque, en efecto, cuando ha llegado el sol á este parage, parece retroceder.

Hay un trópico en cada lado paralelo al ecuador; uno se llama trópico de *cáncer*, y se halla en el hemisferio septentrional, tocando á la eclíptica en el primer punto de la constelacion llamada *cáncer* ó *cangrejo*. Este círculo lo parece describir el sol el 21 de Junio, y da en nuestro hemisferio, el dia mayor del año y el primer dia del verano; este es el solsticio de verano.

El otro llamado trópico de *capricornio*, se halla en el hemisferio meridional, tocando á la eclíptica en el primer punto de capricornio. Este círculo lo recorre, en apariencia, el sol el 21 de Diciembre y produce el dia mas corto del año y el primer dia de invierno; este es el solsticio de invierno.

Los trópicos comprenden todo el espacio que el sol recorra, y este espacio es de  $46^\circ 56'$ . Estos círculos tocan á la eclíptica y se confunden con esta última en los puntos solsticiales. Los trópicos son como barreras que el sol nunca traspasa.

## § V.

Los círculos polares son dos círculos menores, distando ambos  $23^\circ 28'$  de los polos del mundo, á la distancia que se hallan los



polos del ecuador. Llámase uno *ártico* y el otro *antártico*: el primero se halla hácia el norte y el segundo hácia el sud. Los polos de la ecliptica describen estos dos círculos en el espacio de 25,748 años.

Los dos trópicos y los dos círculos polares dividen juntos el cielo y la tierra en cinco zonas (palabra derivada del griego *zónē*); y son la *tórrida* entre los dos trópicos, las dos templadas entre los trópicos y los círculos polares, y las dos frías entre los dos círculos polares y los polos. El ecuador ocupa el medio de la zona tórrida, y los polos el medio de las zonas frías.

La tórrida se halla comprendida en los 23 $^{\circ}$  30' de uno y otro lado del ecuador, comprendiendo todos los países situados entre los dos trópicos en los que se puede tener al sol en el zenit. Las dos templadas se hallan á 43 $^{\circ}$  de cada trópico, una al norte del trópico de cáncer, y otra al sud del trópico de capricornio. Comprenden los países que jamas tienen al sol en su zenit, y que jamas lo pierden de vista en invierno. Las dos zonas frías comienzan mas allá de los 66 $^{\circ}$  33' de latitud, y se estenden hasta los polos. Distinguélas en zona glacial ártica que se halla habitada, pues en ella se halla la Laponia y la Siberia; constituyendo su otra parte el mar que se extiende hasta los polos. La zona glacial antártica no es conocida aun.

En el polo ártico y en el meridiano se halla situado un círculo pequeño llamado *círculo horario*, y se divide en 24 horas. Tiene su centro en el polo de la esfera, y por consiguiente, la estremidad del eje se halla en el centro de este círculo. En esta estremidad hay una aguja que da vuelta á medida que se hace girar la esfera ó el globo sin que cambie de lugar el cuadrante pues se halla fijo. Sirve este círculo para resolver diferentes problemas de un modo cómodo y sin cálculo alguno, y la razón es sencilla, y estriba en la division del día en 24 horas. Como el movimiento diurno se hace cada día uniformemente al rededor del eje y de los polos del mundo, es evidente que la aguja que sigue el mismo movimiento recorre, á cada revolución, las 24 horas del cuadrante, y que señala las seis, quando la esfera ha hecho la cuarta parte de su giro y así á proporcion las demas horas. Colocada así la esfera en la posición que al astro conviene, en el lugar y en el día dados, y teniendo el mismo movimiento que el cielo, la aguja sigue el movimiento de la esfera ó del globo, y señala las horas en que el sol sale y se pone.

Se ha imaginado construir semi-círculos que van del zenit al nadir. Estos semi-círculos se llaman *verticales*; y sirven para medir la altura de un astro y á referir este astro al punto del horizonte á que corresponde, porque la altura de un astro sobre el horizonte no es más que el arco del vertical comprendido entre el astro y el horizonte.

Los verticales son círculos semejantes á los meridianos, con esta diferencia, que los meridianos se cortan todos en los polos, y los verticales se cortan en el zenit y en el nadir que son los polos del horizonte.

Se pueden imaginar tantos verticales como puntos hay en el horizonte. Llámase primer vertical al que corta al horizonte en el verdadero oriente ó en el *est*, y en el verdadero occidente ó en el *oeste*.

Quando el vertical pasa por un astro, el punto del horizonte en que fenese este vertical, sirve para determinar el azimut del astro y su amplitud.

Añátese ordinariamente á los globos celestes de 12 ó de 18 pulgadas de diámetro, un cuadrante de cobre, del mismo radio que el globo, que se aplica inmediatamente sobre su circunferencia, desde el zenit hasta el horizonte. Adáptase al meridiano del mismo metal por medio de una chapa, que lo deja deslizar ó guiar se quiere. Este vertical se halla graduado desde 0, que está en el horizonte, hasta 90 $^{\circ}$  punto del zenit. Los 18 que bajan bajo el horizonte, indican el principio y el fin del crepúsculo. Tambien se usa para señalar el azimut.

El azimut es el arco del horizonte comprendido entre el punto norte y el punto sur, y el punto del horizonte en que fenese el vertical que pasa por el astro. Así, todos los astros que tienen el mismo vertical ó que se hallan en el mismo nivel tienen el mismo azimut.

El azimut, contado desde el punto del este ó del oeste, se llama *amplitud del astro*. Llámase *amplitud ortiva* si se cuenta desde el punto *este* y *amplitud ocasa* si se le cuenta desde el punto *oeste*.

Así pues, la amplitud ortiva es el arco comprendido entre el verdadero punto del oriente y el punto en que sale el astro. Esta amplitud se halla de la misma manera que el azimut, pues es la diferencia del azimut á 90 $^{\circ}$ ; y la amplitud ocasa es la distancia al punto de oeste al punto en que el astro se pone.

Puede aun figurarse la imaginación pequeña á círculos paralelos al horizonte en el hemisferio superior é inferior, cuyo diámetro disminuye á medida que mas se aproximan al zenit y al na-



dir. Llámense estos círculos *almicantarates*, palabra árabe, que quiere decir círculo de altura, porque atravesando los azimuts, determinan en ellos las alturas de los astros, como igualmente sus distancias al zenit, y todos los que pueden tener igual altura en el horizonte, en términos que se puede decir indiferentemente que dos astros se hallan en el mismo almicantarate, ó que tienen una misma altura. Si se halla alzado al zenit el polo de la esfera, los trópicos y los círculos polares representan cuatro de estos almicantarates, dos encima y dos debajo del horizonte.

Antes de exponer los usos de la esfera y de los globos, conviene dar cuenta de algunos cambios que se han hecho, tanto para facilitar sus usos, como para dar usos nuevos.

1<sup>o</sup> En la esfera se ha suprimido la anchura del zodiaco, porque ocultando los grados del ecuador, impedia comprender las ascensiones rectas. Se han dado á esta faja 10° en lugar de 17° 20', porque basta esta anchura para determinar la órbita de la luna. La órbita de la luna es un círculo inclinado á la eclíptica de 5° 9' como la eclíptica se halla inclinada al ecuador de 23°, 28'. Esta inclinacion de 5° 9' señala la mayor latitud de la luna. Esta órbita corta á la eclíptica en dos puntos opuestos llamados *nudos*, de los cuales uno se llama *nudo ascendente* por el signo ♈, y el otro *nudo descendente* por el signo ♎: estos nudos tienen un movimiento contrario al orden de los signos del zodiaco esto es, de aries á piscis, de piscis á acuario, de acuario á capricornio, etc., cuyo movimiento se concluye en 18 años y en cerca de 7 meses.

Si en esta inclinacion de la órbita de la luna á la eclíptica, todos los meses habria un eclipse de sol, cuando se halla nueva luna, y un eclipse de luna cuando se halla esta llena. Pero como la órbita lunaria se halla inclinada á la eclíptica de 5° 9', no puede haber eclipse mas que cuando la latitud de la luna es menor que la suma de los semi diámetros aparentes de estos dos astros: de lo que se deduce que los eclipses de sol son mas frecuentes en el globo de la tierra que los de la luna, y que si no obstante, se ven menos eclipses de sol que de luna en un lugar dado, depende esto de que los eclipses de sol no son visibles mas que en ciertas partes del globo relativamente á la combinacion de la latitud de la luna con su paralelo, y que al contrario, los eclipses de luna procediendo únicamente del paso de este astro en la sombra de la tierra, es visible este eclipse en todos los lugares sobre cuyo horizonte se halla la luna.

2<sup>o</sup> Añádese un círculo crepuscular que tiene 18° de ancho, cuyo círculo sirve de horizonte en el principio y en el fin del

crepúsculo tanto de mañana como de tarde. El crepúsculo es aque la luz plácida y tranquila que aumenta insensiblemente por la mañana antes de salir el sol, y que disminuye por la tarde cuando se pone este astro; procede de la dispersion de los rayos en la masa de aire, que por todas partes los refleja; los crepúsculos se ven cuando se halla el sol á 18° debajo del horizonte.

## CAPITULO VI.

## USOS DE LA ESFERA Y DEL GLOBO TERRESTRE.

## USO I.

## DE LAS DIFERENTES POSICIONES DE LA ESFERA, Y DEL GLOBO

## TERRESTRE.—DE LA ESFERA DE PTOLOMEO

Distínguense tres posiciones diferentes de la esfera: *recta*, *paralela* y *oblicua* segun las diferentes relaciones del ecuador con el horizonte.

Si se da vuelta al meridiano, de modo que los polos toquen al horizonte, tendráse la *esfera recta* porque el ecuador, perpendicular al horizonte, le corta en ángulo recto, y el zenit se halla en el ecuador celeste. Todos los paralelos al ecuador que parecen describir cada dia los astros, hallándose cortados por el horizonte en dos partes iguales, es evidente que los dias son iguales entre sí, é iguales á las noches durante todo el año, sea cual fuere el lugar en que con respecto al ecuador celeste, se halla el sol.

En esta posicion, los pueblos tienen perpetuamente doce horas de dia y doce horas de noche. Como el sol pasa dos veces al año por el zenit, que son el 21 de marzo, y el 22 de Setiembre dias en los cuales describe el ecuador, puétese concluir que estos pueblos tienen, en cierto modo, dos veranos y dos primaveras, pues apenas es invierno el de los pueblos en que el sol lanza sus rayos constantemente perpendiculares.

Si se enaja el meridiano en las muestas del horizonte hasta que se halle en el zenit uno de los polos, resultará la *esfera paralela*, porque el ecuador se hallará paralelo al horizonte y aun sirve é mismo de horizonte. En esta posicion, el zenit y el nadir corresponden á los polos del mundo, los cuales son alternativamente alumbrados por el sol durante seis meses. Puede decirse que el año se compone de un dia y una noche, cada uno de



dir. Llámense estos círculos *almicantarates*, palabra árabe, que quiere decir círculo de altura, porque atravesando los azimuts, determinan en ellos las alturas de los astros, como igualmente sus distancias al zenit, y todos los que pueden tener igual altura en el horizonte, en términos que se puede decir indiferentemente que dos astros se hallan en el mismo almicantarate, ó que tienen una misma altura. Si se halla alzado al zenit el polo de la esfera, los trópicos y los círculos polares representan cuatro de estos almicantarates, dos encima y dos debajo del horizonte.

Antes de exponer los usos de la esfera y de los globos, conviene dar cuenta de algunos cambios que se han hecho, tanto para facilitar sus usos, como para dar usos nuevos.

1<sup>o</sup> En la esfera se ha suprimido la anchura del zodiaco, porque ocultando los grados del ecuador, impedia comprender las ascensiones rectas. Se han dado á esta faja 10<sup>o</sup> en lugar de 17<sup>o</sup> 20', porque basta esta anchura para determinar la órbita de la luna. La órbita de la luna es un círculo inclinado á la eclíptica de 5<sup>o</sup> 9' como la eclíptica se halla inclinada al ecuador de 23<sup>o</sup>, 28'. Esta inclinacion de 5<sup>o</sup> 9' señala la mayor latitud de la luna. Esta órbita corta á la eclíptica en dos puntos opuestos llamados *nudos*, de los cuales uno se llama *nudo ascendente* por el signo ♈, y el otro *nudo descendente* por el signo ♎: estos nudos tienen un movimiento contrario al orden de los signos del zodiaco esto es, de aries á piscis, de piscis á acuario, de acuario á capricornio, etc., cuyo movimiento se concluye en 18 años y en cerca de 7 meses.

Si en esta inclinacion de la órbita de la luna á la eclíptica, todos los meses habria un eclipse de sol, cuando se halla nueva luna, y un eclipse de luna cuando se halla esta llena. Pero como la órbita lunaria se halla inclinada á la eclíptica de 5<sup>o</sup> 9', no puede haber eclipse mas que cuando la latitud de la luna es menor que la suma de los semi diámetros aparentes de estos dos astros: de lo que se deduce que los eclipses de sol son mas frecuentes en el globo de la tierra que los de la luna, y que si no obstante, se ven menos eclipses de sol que de luna en un lugar dado, depende esto de que los eclipses de sol no son visibles mas que en ciertas partes del globo relativamente á la combinacion de la latitud de la luna con su paralelo, y que al contrario, los eclipses de luna procediendo únicamente del paso de este astro en la sombra de la tierra, es visible este eclipse en todos los lugares sobre cuyo horizonte se halla la luna.

2<sup>o</sup> Añádese un círculo crepuscular que tiene 18<sup>o</sup> de ancho, cuyo círculo sirve de horizonte en el principio y en el fin del

crepúsculo tanto de mañana como de tarde. El crepúsculo es aque la luz plácida y tranquila que aumenta insensiblemente por la mañana antes de salir el sol, y que disminuye por la tarde cuando se pone este astro; procede de la dispersion de los rayos en la masa de aire, que por todas partes los refleja; los crepúsculos se ven cuando se halla el sol á 18<sup>o</sup> debajo del horizonte.

## CAPITULO VI.

## USOS DE LA ESFERA Y DEL GLOBO TERRESTRE.

## USO I.

## DE LAS DIFERENTES POSICIONES DE LA ESFERA, Y DEL GLOBO

## TERRESTRE.—DE LA ESFERA DE PTOLOMEO

Distínguense tres posiciones diferentes de la esfera: *recta*, *paralela* y *oblicua* segun las diferentes relaciones del ecuador con el horizonte.

Si se da vuelta al meridiano, de modo que los polos toquen al horizonte, tendráse la *esfera recta* porque el ecuador, perpendicular al horizonte, le corta en ángulo recto, y el zenit se halla en el ecuador celeste. Todos los paralelos al ecuador que parecen describir cada dia los astros, hallándose cortados por el horizonte en dos partes iguales, es evidente que los dias son iguales entre sí, é iguales á las noches durante todo el año, sea cual fuere el lugar en que con respecto al ecuador celeste, se halla el sol.

En esta posicion, los pueblos tienen perpetuamente doce horas de dia y doce horas de noche. Como el sol pasa dos veces al año por el zenit, que son el 21 de marzo, y el 22 de Setiembre dias en los cuales describe el ecuador, puétese concluir que estos pueblos tienen, en cierto modo, dos veranos y dos primaveras, pues apenas es invierno el de los pueblos en que el sol lanza sus rayos constantemente perpendiculares.

Si se enaja el meridiano en las muestas del horizonte hasta que se halle en el zenit uno de los polos, resultará la *esfera paralela*, porque el ecuador se hallará paralelo al horizonte y aun sirve é mismo de horizonte. En esta posicion, el zenit y el nadir corresponden á los polos del mundo, los cuales son alternativamente alumbrados por el sol durante seis meses. Puede decirse que el año se compone de un dia y una noche, cada uno de



estos de seis meses, poco mas ó menos. Cuando el sol se halla en los signos septentrionales, se encuentra, sin intermision, a umbrando el polo boreal, todos los paralelos hasta el trópico de cáncer se hallan encima del horizonte; y el sol da vuelta al cielo cada dia sin cambiar de altura, sin aproximarse ni alejarse del horizonte, á lo menos sensiblemente, y es un dia de seis meses.

Despues del equinoccio de otoño, pasa el sol en los signos meridionales; y no vuelve á mostrarse en el horizonte; los paralelos que describe se hallan enteramente en el hemisferio inferior é invisible, y la noche es entónces de seis meses.

En el hemisferio superior y visible, las estrellas siempre á la misma altura, sobre el horizonte, jamás se occultan. Las que se hallan en el hemisferio inferior jamás se muestran; las primeras giran sin cesar encima, las segundas bajo el horizonte.

Cualquiera otra posicion de la esfera se llama *esfera oblicua*, porque el eje del mundo corta el plano del horizonte oblicuamente.

Los dias y las noches son desiguales, porque los paralelos que describe el sol, se hallan todos cortados por el horizonte en partes desiguales, excepto el ecuador, segun la propiedad de los círculos máximos de la esfera, que pasan todos por el centro, y se hallan cortados en todos sentidos en dos partes iguales. Uno de los polos levantado sobre el horizonte es visible; el otro se halla bajo el horizonte y es invisible. Como en la esfera recta, el dia es igual á la noche el 21 de Marzo y el 22 de Setiembre, dias de los equinoccios, pues entónces describe el sol el ecuador que pasa por el zenit. Pero los trópicos y los otros paralelos, como los desigualmente por el horizonte, los arcos diurnos de estos paralelos que tienen por centro el eje del mundo, son tanto mayores que los arcos inferiores ó nocturnos, quanto mas se aproximan del polo que se halla levantado. Por esta razon, en los países septentrionales, como la Europa, los dias mas largos tienen lugar cuando se halla el sol en los signos septentrionales, y lo mismo sucede en los países meridionales.

Así siendo el arco diurno del trópico de Cáncer el mayor de todos los arcos diurnos del sol para los países septentrionales, pues es el que mas se avanza al norte de todos los paralelos, el dia mas largo del año es aquel en que el sol describe este trópico, esto es, el dia de solsticio de verano; y la noche mas larga es la del solsticio de invierno.

Repárese que son iguales los dias que distan igualmente del mismo solsticio, en el 21 de Mayo y el 22 de Julio, se pone igualmente el sol en Paris, á las 7 43 minutos, porque siendo en am-

bos de 20° de declinacion del sol, esto es, hallándose este astro distante de 20° del ecuador, describe el mismo paralelo, tanto el 21 de Mayo, alejándose del ecuador para subir al trópico, como el 22 de Julio acercándose al ecuador despues del solsticio de verano.

Pero cuando, en lugar de tener 20° de declinacion boreal, se to es, de hallarse lejano de 20° del ecuador, tiene este astro 20° de declinacion austral, como sucede el 22 de Noviembre y 20 de Enero poco mas ó menos, lo largo del dia es de la cantidad que era lo largo de la noche en el primer caso, y la duracion de la noche igual á la duracion que tenia el dia cuando describía el sol el paralelo análogo en el norte del ecuador; y la razon no es difícil de comprender pues á 20° de parte y otra del ecuador son iguales dos paralelos é igualmente cortados por el horizonte, si bien en orden inverso.

Lo mismo sucede con los demas dias de la primavera, y del otoño, que se pueden comparar á dias correspondientes del invierno y del verano; la misma igualdad se hallará cuando haya igual distancia del sol al ecuador, siendo sola la diferencia la que proviene de la refraccion.

Por último, en la esfera oblicua, hay estrellas que se ponen, otras que perpétuamente se hallan sobre el horizonte, y otras que jamás se muestran.

## USO II.

Disponer la esfera ó el globo segun la altura del polo de un lugar propuesto, por ejemplo de Paris, que se halla á 48° 50' 14"; ó contando por mayor á 49°.

Levántese el meridiano, hasta que en el mismo meridiano, puedan contarse 49° desde el polo ártico hasta el horizonte del lado del norte; el polo se hallará entónces á 49° segun la latitud de Paris; el eje de la esfera coincidirá con el eje del mundo, y la altura del ecuador, que es siempre el complemento de la del polo, será de 41°.

Obsérvese que en todos los diferentes usos, se tiene necesidad de este proceder.

## USO III.

Disponer la esfera ó el globo segun las cuatro partes del mundo, esto es, segun los cuatro puntos cardinales.

Póngase la esfera ó el globo en un plano horizontal, y hágase



convenir el meridiano con una línea del mediodía trazada en este plano. Si no la hay, recórrase á la brújula, teniendo cuidado con la declinacion de la aguja que se tiene costumbre de señalar; obsérvese tambien que es necesario que el polo ártico se halle del lado del norte.

Los globos de 12 y de 18 pulgadas de diámetro, tienen inferiormente, ó aun mas cómodamente del lado del horizonte en que se halla señalado el norte, una brújula que sirve para orientar los; pero, para este efecto, es necesario conocer la inclinacion de la aguja magnética con respecto al tiempo y el lugar dados.

Esta declinacion es, relativamente á París, de  $21^{\circ} 40'$ . Así pues, conociendo la declinacion de la aguja en el occidente de la meridiana, es necesario volver al pie del globo hasta que la aguja venga á parar en este grado de la brújula hácia el occidente; entónces la línea principal de la brújula marcada de una estrella, y que debe estar paralela al meridiano del globo, hallándose exactamente en la direccion del norte á sur, y suponiéndose el globo á la altura del polo, se hallará orientado como la esfera celeste, y así deberá colocarse para saber la hora que es.

Dispuesta la esfera como en los usos precedentes, si se la gira de oriente á occidente, mostrará el movimiento del cielo; el eje de la esfera conviene con el eje del mundo, el meridiano responde al meridiano del cielo, y los cuatro puntos cardinales, indicados en el horizonte, corresponden á los cuatro puntos cardinales celestes; en esta situacion podrá notarse la oblicuidad del movimiento con respecto al horizonte del lugar en que se halla el observador.

Aplíquense estos dos usos á un globo terrestre expuesto al sol, despues de haber puesto en el zenit la ciudad por la cual se ha puesto á la altura del polo; todas las partes del mundo alumbradas por el sol, ó en que cae el sol representarán las de la tierra que se hallan alumbradas por este astro; podrá verse los países en que sale el sol, los países en que se pone, cuales son aquellos en que es medio dia, en una palabra todas las variaciones.

Este uso es uno de los mas hermosos y agradables; pero, como no siempre se tiene trazada una línea meridiana y á veces es defectuosa la brújula, vamos á dar el método de trazar una línea meridiana en el plano horizontal.

Descríbase en este plano horizontal varios círculos concéntricos ó que tengan el mismo centro, colóquese en el centro de todos estos círculos un estilo perpendicular á este plano; obsérvese un dia en que haga buen sol, antes del mediodía ó á las doce, el momento en que la estremidad de la sombra caiga sobre

uno de los círculos como en A; obsérvese despues de las doce el momento en que el otro extremo de la sombra del estilo caerá en el mismo círculo como en B; divídase igualmente el espacio AB en dos igualmente en el punto C, tírese una línea recta por este punto C y por el pié del estilo, y esta línea será la meridiana.

Por este medio pueden lograrse líneas meridianas para las estrellas mediante la constelacion llamada *osa mayor*. Suspéndanse á una ventana expuesta al norte dos hilos á igual distancia uno de otro y cargados ambos de un pedazo de plomo; nótese el momento en que la estrella de esta constelacion y la estrella polar que solo dista  $2^{\circ}$ , á corta diferencia del polo, se hallan ambas ocultadas por estos hilos; en este momento se hallarán, poco mas ó menos, en el plano del meridiano, y por consiguiente los dos puntos del horizonte, que tocarán los dos pedacitos de plomo darán los puntos por los cuales, si se tira una línea, será ésta la meridiana.

## USO IV.

*Hallar el lugar del sol en la eclíptica en un dia propuesto como el primero de Mayo.*

- 1<sup>o</sup> Levántese el lugar á su latitud que es de  $49^{\circ}$  para París.
- 2<sup>o</sup> Búsquese en el horizonte, el grado de la eclíptica que corresponde al dia propuesto; estos grados se hallan señalados uno á uno, enfrente de los dias correspondientes, segun la entrada del sol en cada signo. De este modo se hallará que el undécimo grado de Tauro responde al primero de mayo y así los demas.

## USO V.

*Conocida la latitud de un país y el lugar del sol en cada dia del año hallar la hora en que sale y se pone.*

Supongamos que sea París el lugar dado, cuya latitud es de  $49^{\circ}$ , y se desea indagar á que hora sale y se pone el sol el 20 de Abril. Sabiendo que el 20 de Abril corresponde el primer grado de Tauro, colóquese en el meridiano este grado de la eclíptica; póngase la aguja horaria al mediodía, pues debe contarse siempre mediodía en París, cuando el grado de la eclíptica en que el sol se halla, esto es el mismo sol se halla en el meridiano. Vuélvase la esfera ó el globo del lado del oriente, hasta que esté en el horizonte el grado del dia dado, entónces el estilo hora-



rio señalará las cinco, hora en que saldrá el sol; despues volviendo la esfera al occidente hasta que llegue al horizonte el mismo grado de la eclíptica, veráse que el estilo señala las siete, de lo que se concluye que á esa hora se pone el sol en el dia dado. Observárase que la duracion del dia es de 14 horas; pues el estilo recorre un espacio de 14 horas, mientras que el primer grado de Tauro, punto de la eclíptica, va de la parte oriental al occidental del horizonte. De la misma manera hallárase que estando el sol en el primer grado de Géminis, que corresponde al 21 de Mayo, sale á las cuatro y 16' y se pone á las siete y 44'.

## USO VI.

*Conocida la hora en que sale y se pone el sol en un lugar dado en un dia dado hallar la altura del polo ó la latitud de este lugar.*

Supongamos que el 11 de Noviembre, se halla observado, en mar ó tierra, que el sol sale á las siete. Búsqese en el horizonte, en el círculo de los signos, el grado que corresponde al dia indicado, y hallárase que el 19<sup>mo</sup> del Escorpion; colóquese este punto de la eclíptica bajo el meridiano y el estilo horario á las 12; despues vuélvase la esfera ó el globo hácia el oriente, hasta que se halle á las 7 el estilo horario; levántese el polo sin mover el estilo hasta que se halle en el horizonte el punto de la eclíptica: cuéntense en el meridiano los grados comprendidos entre el polo y el horizonte, y tendráse 39° 30' que dan la latitud deseada.

Mediante una operacion inversa, sabiendo la hora en que se pone el sol en un lugar, en cierto dia del año, tendráse la latitud de este país. De este modo se calcula que la antigua Babilonia se hallaba á los 36° de latitud, porque Ptolomeo dice que, en esta ciudad, se ponía el sol á las cuatro y 48', hácia el tiempo del solsticio de invierno, teniendo este astro 9 signos de longitud.

## USO VII.

*Hallar la amplitud ortiva y ocasa del sol.*

Siendo la amplitud el arco del horizonte comprendido entre el verdadero oriente, ó el verdadero occidente, y el punto en que el astro sale ó se pone, traigase al horizonte el punto en que se halla el sol; el número de grado del horizonte comprendidos entre el oriente ó el occidente de los equinoccios y el grado del

sol, dará la amplitud, que es ortiva si se toma hácia el oriente, y ocasa si al occidente. Así hallándose al sol, al 20<sup>mo</sup> de Géminis, que corresponde á 10 de Junio, su amplitud es de 36° 36' septentrional porque este signo es septentrional.

## USO VIII.

*Hallar lo largo del dia y de la noche.*

Hallándose siempre la esfera ó el globo á la latitud del lugar, búsqese el grado del sol en la eclíptica, traigásele al horizonte hácia el oriente, colóquese en las 12 el estilo horario, vuélvase la esfera hasta que el grado del sol se halle en el horizonte hácia el occidente; en este estado, el estilo horario indicará por el número de horas que habia recorrido la estencion del dia. Sustráigase de 24 horas esta longitud del dia, y lo restante será la duracion de la noche. Estando el sol, el 3 de Mayo, en el signo 13 de Tauro, se hallará que la estension del dia es de 14 horas, 30' y por consiguiente la de la noche 9 horas 30'.

## USO IX.

*Hallar la mayor y la menor altura meridiana del sol en un lugar dado como Paris.*

Siendo de 48° 50' la altura del polo, el complemento es 41° 10'; añádase 23° 28', mayor declinacion del sol, cuando se halla en el solsticio de verano, y se tendrá 64° 38' por la mayor altura meridiana que pueda tener en Paris este astro. Pero si se sustrae 23° 28' mayor declinacion, del mismo complemento 41° 10'; se tendrá 17° 42' por la menor altura meridiana, cuando se halla el astro en el solsticio de verano.

## USO X.

*Hallar la ascension recta del sol y su declinacion en un dia propuesto.*

Despues de haber buscado el lugar del sol en la eclíptica, para el lugar propuesto, póngase, bajo el meridiano, el punto de la eclíptica, bajo el cual el sol se encuentra; examínese el punto del ecuador, que se halla al mismo tiempo en el meridiano; la cifra que se halla hácia este punto del ecuador señala la ascension recta, ó la distancia del sol al equinoccio, contada, en el ecuador



de occidente á oriente. Así el 20 de Abril, hallándose en el primer grado de Tauro, esto es, teniendo  $30^\circ$  de longitud, inferirás que tiene  $28^\circ 34'$  de ascension recta.

Del mismo modo, hallaráse, por medio del globo, la declinacion del sol ó de otro astro, conduciendo bajo el meridiano el astro de que se trata. El número de grados comprendidos entre este astro y su ecuador, contado en el meridiano, indicará la declinacion de este astro, la cual será boreal si el astro se halla encima del ecuador en las regiones septentrionales, y austral si se halla menos elevado que el ecuador ó del lado del polo meridional. Así, si se quiere conocer la declinacion del sol el 20 de Abril, se encontrará que en este dia indicado se halla el sol en el primer grado de Tauro; colóquese este globo bajo el meridiano, cuéntese en el meridiano, los que se encuentran en el ecuador y el primer grado de Tauro, y resultará  $11^\circ 30'$  de declinacion septentrional. Siguiese de lo espuesto que la ascension recta del sol es su distancia al equinoccio contada en el ecuador de occidente á oriente, y que la declinacion es su distancia al ecuador contada en el meridiano.

## USO XI.

*Hallar la ascension oblicua del sol.*

Siendo la ascension oblicua la distancia del punto equinoccial al punto del ecuador, que se muestra al mismo tiempo que el astro, para hallar la ascension oblicua del sol, basta poner el grado en que se encuentra en el horizonte hácia el oriente, y el grado del ecuador que se hallará al mismo tiempo en el horizonte, dará la ascension oblicua.

Si se supone al sol en el  $11^\circ$  de Tauro, se hallará que la ascension, en el paralelo de Paris, es de  $22^\circ 20'$ , esto es, que este punto del ecuador sale ó se muestra con el sol, cuando se halle en el  $11^\circ$  de Tauro, que responde al primero de mayo.

## USO XII.

*Dada la declinacion del sol hallar su lugar en la ecliptica.*

Es necesario no olvidar que la ecliptica se divide en cuatro cuartos, cada uno de los cuales contiene tres signos por cada estacion. De estos cuatro cuartos tómese el signo que convenga á la estacion en que se halla el experimentador. Por ejemplo,

si se ha observado el 16 de Abril, que la altura del sol es de  $51^\circ$  esto es, que se halla  $10^\circ$  encima del ecuador, lo que constituye  $10^\circ$  de declinacion, veráse que, si se avanza el primer cuarto de la ecliptica, ó el de la primavera bajo el meridiano, el punto que se halla á  $10^\circ$  del ecuador es el  $26^\circ$  de Aries, es el lugar del sol para este dia. Teniendo el sol  $15^\circ$  de declinacion en el verano, su lugar se halla al  $2^\circ$  de Leo que corresponde al 11 de Agosto. Así, por la sola declinacion, podrá hallarse el lugar del sol, el mes y dia que corresponden, con tal que se sepa la estacion, pues en primavera y en verano, hay dos dias en que este astro tiene la misma declinacion.

## USO XIII.

*Hallar á cualquier hora la ascension recta del meridiano ó del medio del cielo.*

Colóquese el polo en el horizonte, búsquese, para el dia dado, el lugar del sol en la ecliptica, traigase este punto de la ecliptica bajo el meridiano; y el estilo horario póngase á las 12, gírese el globo, hasta que llegue el estilo á la hora dada. En esta posicion, el punto de la ecliptica situado sobre el meridiano es el punto culminante de la ecliptica; el del ecuador, igualmente en el meridiano, señala la ascension recta del medio del cielo, y la de todas las estrellas que se ven sobre el globo á lo largo del meridiano, al mismo instante.

Así, estando el sol en el primer grado de Géminis á las 7 de la tarde, la ascension del meridiano ó del medio del cielo será de  $195^\circ$ .

Puede servir este uso para reconocer las estrellas en el cielo, cuando, despues de haber trazado una meridiana, esté de frente al mediodia, y se habrá reconocido en el globo cuales son las constelaciones situadas en el meridiano, á qué altura se hallan sobre el horizonte.

## USO XIV.

*Hallar en qué puntos del horizonte sale y se pone el sol cada dia.*

Despues de haber observado en la ecliptica la longitud del sol que corresponde á cada dia dado, y elevado la esfera ó el globo á la altura del polo del lugar, condúzcase el punto de la ecliptica al horizonte, y examínese en cuanto este punto del horizonte,



al cual el sol responde, se aleja del punto del *oriente* ó del *occidente*; hallaráse que el sol, el 21 de Junio, estando en el primer grado de Cáncer, los puntos en que sale y se pone, están á 38° de los puntos cardinales del *este* y *oeste*, pero del lado del norte; que el 21 de Diciembre, estando este astro en el primer grado de Capricornio, los puntos en que sale y se pone están á 36° 30' de los mismos puntos cardinales, si bien del lado del sud. Así desde el lugar en que el sol se pone en verano, hasta el en que se pone en invierno hay 74° 30' de distancia. Esta cantidad aumenta á medida que se adelanta hácia el norte, pero disminuye hácia el mediodía: bajo el ecuador, no se encuentra mas que 47° de diferencia entre los puntos en que el sol se pone en los dos solsticios.

## USO XV.

*Hallar cuales son los dos días del año en que el sol sale á una hora señalada, y en que sale y se pone á una misma hora.*

1º Colóquese el polo á la altura del lugar, á 49° si es París, condúzcase bajo el meridiano el coluro de los solsticios y el estilo horario á las 12; vuélvase despues el globo hácia el oriente, hasta que el estilo se halle á las 5; repárese el punto en que el coluro corta al horizonte, si estuviere el sol en este punto, ó á una declinacion semejante, evidentemente saldrá á las 5. Pero se trata de saber cuales son los dos días del año en que tiene esta misma declinacion: condúzcase pues bajo el meridiano el punto; del coluro que se hallaba bajo el horizonte, entónces verás en el meridiano que esta declinacion es de 3° septentrionales: obsérvese tambien este punto del meridiano; dése vuelta á la esfera ó al globo, y se observarán dos puntos de la eclíptica que pasan en este mismo punto del meridiano, esto es, á 13° de declinacion; estos puntos son los dos puntos buscados, uno el 2º de Tauro otro el 28° de Leo, los días correspondientes son el 21 de Abril y el 21 de Agosto.

2º Hay en el año dos días en que sale y se pone el sol á una misma hora, excepto cuando se halla en los trópicos. Para hallar estos dos días, en que se supone que este astro sale á las 7 de la mañana, póngase bejo el meridiano el coluro de los solsticios, y el estilo horario á las doce; vuélvase el globo hasta que el estilo se halle á las 7 de la mañana: dispuesto así el globo ó la esfera, obsérvese en el mismo coluro el punto que corta el horizonte del lado del oriente, y trasportarás este punto bajo el meridiano

verás que la declinacion de este punto es cerca de 13° meridional, buscarás cuales son los grados de la eclíptica que tienen 13° de declinacion meridional, y hallaráse que son sobre 5° de Escorpion y el 25° de Acuario, los cuales corresponden al 25 de Octubre y al 14 de Febrero.

## USO XVI.

*Hallar la hora en que el sol sale y se pone todos los días del año.*

Búsquese el lugar del sol en la eclíptica, tráigase este punto al meridiano, y colóquese el estilo á las 12; despues vuélvase la esfera hasta que el punto de la eclíptica venga al horizonte hácia el *este* el estilo indicará la hora de la salida; despues, vuélvase hasta que este mismo punto llegue al horizonte hácia el *oeste*, y se tendrá de este modo la hora del ocaso del sol

## USO XVII.

*Hallar á que hora debe tener el sol cierto grado de azimut, en un día dado.*

Estando el polo á la altura del lugar, y estilo horario á las 12, colóquese el vertical en el grado del horizonte que señala el azimut, tráigase despues el lugar del sol hallado en la eclíptica bajo el vertical, y el estilo señalará la hora cuando el sol tiene cierto grado de azimut. Por ejemplo, el 23 de Febrero, el lugar del sol hallándose á 3° de Tauro, verás que, cuando este astro tendrá 75° de azimut, serán las 8 de la mañana. Pero, hácia el ocaso, á las 6 y 36' de la tarde, estará en la parte occidental del mismo vertical á 75° del meridiano del lado del norte, y entónces tendrá 105° de azimut, contando desde el punto del horizonte que está hácia el mediodía.

## OTRO EJEMPLO.

Supongamos que á las 9 de la mañana, se halle el sol en el primer grado de Cáncer; colóquese este grado bajo el meridiano, el estilo horario á las 12, vuélvase despues el globo hácia el oriente, hasta que el estilo señale las 9. Permaneciendo el globo en esta posicion, condúzcase el vertical hasta que encuentre la eclíptica en el primer grado de Cáncer, lugar del sol, y cuéntense en el horizonte los grados comprendidos entre el oriente y el equi-

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

"ALFONSO REYES"

1925 MONTERREY, N.M.

®



noccio, y el cuarto de la altura ó azimutal; de este modo hallaránse  $19^{\circ} 11'$  de amplitud ortiva, ó  $70^{\circ} 49'$  de azimut.

Obsérvese que, en las operaciones hechas con el vertical ó azimutal, se les supone siempre fijo en el zenit del lugar, esto es, con relacion al paralelo de Paris, á  $49^{\circ}$  de latitud.

## USO XVIII.

*Hallar la altura del sol en un dia y hora dada.*

Supongamos que se halle el sol en el primer grado de Virgo á las 2 de la tarde; colóquese este grado bajo el meridiano y el estilo horario á las 12; vuélvase el globo al occidente, hasta que se halle el estilo á las 2; tráigase despues el vertical precisamente en el primer grado del signo, examínese cual es el grado del vertical que se une al lugar del sol, y hallaráse que en este astro tiene  $44^{\circ}$  de elevacion sobre el horizonte á las dos de la tarde.

## USO XIX.

*Hallar la hora del principio y fin del crepúsculo, y el tiempo de su duracion en el lugar dado en Paris, por ejemplo.*

Supongamos que se halle el sol en el primer grado de Aries ó de Libra, despues de elevado á la altura el polo, condúzcase el primer grado de Libra; bajo el meridiano y el estilo á las 12, vuélvase el globo y el vertical que de debe estar fijado al zenit, ambos juntos hácia el oriente, hasta que el primer grado de Libra y el  $18^{\circ}$  de altura del vertical convengan juntos; en esta posicion, el estilo señalará las 4 y 8, hora en que raya el alba; estas 4 horas y 8' sustraídas de 6 horas, pues á las 6 sale el sol, el resto es 1 y 52' que indica la duracion del crepúsculo, tanto de la mañana como de la tarde; y si á la hora de ponerse el sol, que tambien es á las 6, en el tiempo de los equinoccios, se añade 1 hora y 52', que es lo que dura el crepúsculo, resultará que á las 7 y 52' fenecerá el crepúsculo de la tarde.

Toda esta operacion estriba en que los crepúsculos comienzan y acaban cuando se halle el sol á  $18^{\circ}$  bajo el horizonte, y estos  $18^{\circ}$  se toman en el arco del vertical, pasando por el nadir. El principio del crepúsculo de la mañana se llama *alba* ó *aurora*; y el fin del de la tarde en el principio de las tinieblas de la noche.

*Hallar la hora en que salen y se ponen los signos.*

Si se quiere saber á que hora sale el signo  $\text{m}$  Escorpion, cuando se halla el sol en el primer grado de Aries  $\text{v}$ , se pone el polo á la altura del lugar, colócase este grado bajo el meridiano, y el estilo horario á las 12; vuélvase despues el globo de occidente á oriente, hasta que se halle en el horizonte oriental el primer grado de Escorpion; entónces el estilo mostrará que la hora en que sale este signo es á las 5 y 51' de la tarde. Si se conduce este mismo grado en el horizonte occidental, el mismo estilo indicará la hora de ponerse el sol.

En este uso, como en otros semejantes, la exactitud será mayor que la que da el estilo horario si se opera en un globo de 9 ó 12 pulgadas de diámetro. Tráigase el primer grado de Escorpion en el horizonte oriental, y veráse que su ascension oblicua es de  $222^{\circ} 45'$ , señalado en el ecuador; redúzcase á tiempo estos grados, á razon de 15 por hora, y de  $1^{\circ}$  por cuatro minutos de hora, de modo que  $15^{\circ}$  valgan una hora,  $30^{\circ}$  dos horas y  $10^{\circ}$  cuarenta minutos de hora. Pues bien, el sol, cuando entra en Aries, sale á las 6, y el principio de Escorpion sale 14 horas 51', antes del sol; luego este signo sale 8 horas 51' de la tarde.

Esta práctica se funda en que los arcos del ecuador son la medida mas natural del tiempo; cuando el sol dista  $15^{\circ}$  del meridiano es la una; cuando lo está de  $50^{\circ}$ , son las 3 y 20', porque el movimiento diurno verificándose uniformemente en el ecuador, la 24ª parte de la circunferencia entera de este círculo pasa regularmente al meridiano cada hora.

## USO XXI.

*Hallar el tiempo que ponen los signos en salir sobre el horizonte y en descender bajo el mismo.*

Colóquese el principio del signo en el horizonte hácia el oriente, y el estilo á las 12; vuélvase despues la esfera ó el globo hasta que haya salido el signo entero, ó que el fin del mismo signo esté en el horizonte, el estilo horario señalará el tiempo que ha puesto el sol en salir. Operando del mismo modo hácia el occidente, se tendrá el tiempo del ocaso.



*Hallar á que hora sale ó se pone una estrella con el sol.*

Póngase el lugar del sol bajo el meridiano y el estilo horario á las 12; vuélvase el globo hasta que la estrella propuesta se halle en el horizonte del lado del oriente, para salir, y de la misma manera en el horizonte del lado del occidente, para ponerse; la hora que señale el estilo será la hora buscada. Fácilmente sabráse el tiempo que permanecerá esta estrella encima ó bajo el horizonte, y observando el día del mes que corresponde á los diferentes grados de la eclíptica, que se hallan en el horizonte, será este día el de la salida y del ocaso de la estrella con el sol.

Obsérvese que la disposición de los círculos máximos, el ecuador, el horizonte y el meridiano, forman la base de todas las operaciones; á ellos refieren los astrónomos los astros para determinar su situación y los movimientos que se hacen en la eclíptica considerada como la traza del movimiento anual del sol.

## USO XXIII.

*Hallar la longitud y latitud de una estrella propuesta.*

Colóquese el polo de la eclíptica bajo el meridiano; fijese el círculo móvil ó vertical, en el parage del meridiano en que corresponde el polo de la eclíptica; en este estado representa un círculo de latitud, porque es perpendicular á la eclíptica. Vuélvase este círculo al rededor del polo hasta que pase encima de la estrella, y veráse el parage en que este mismo círculo corta á la eclíptica; esta será la longitud ó el lugar de la estrella en la eclíptica. Cuéntense tambien el número de grados de este círculo móvil comprendidos entre la eclíptica y la estrella, y esta será la latitud. Sea, por ejemplo, *Sirio*; pero como esta estrella está en medio de la eclíptica, es necesario colocar el polo antártico de la eclíptica bajo el meridiano, y el vertical en este polo, despues hágase pasar este círculo sobre *Sirio*, se observará el punto en que corta á la eclíptica y hallaráse que es en el  $10^{\circ}$  de Cáncer, y observando cual es el grado de vertical bajo el cual se encuentra esta misma estrella, se verá que se halla á  $39^{\circ} 30'$  de latitud austral.

Si la estrella se halla al norte de la eclíptica, es necesario poner su vertical en su polo septentrional. La razon de esta operacion es que el vertical hace las veces de círculo de longitud, y

los grados que lo dividen representan las intersecciones de los círculos de latitud.

Por este uso se vé que es fácil colocar un planeta en el globo buscando en las efemérides su longitud y latitud. Vuélvase el vertical al rededor del polo de la eclíptica hasta que toque el punto de la eclíptica, en que se sabe que debe estar el planeta por su longitud; señálese en este círculo de latitud un punto que diste de la eclíptica tanto quanto tiene el planeta de latitud, y este punto será el verdadero lugar del planeta en el globo.

## USO XXIV.

*Hallar la ascension recta y la declinacion de una estrella.*

Levántese el polo á la altura del lugar; vuélvase el globo hasta que la estrella propuesta se halle bajo el meridiano, el número de los grados del meridiano, desde el ecuador hasta esa estrella, será su declinacion y el grado del ecuador, que será bajo el meridiano, marcará su ascension recta. De este modo se hallará que Régulo tiene  $15^{\circ} 8'$  de declinacion, y  $149^{\circ} 1'$  de ascension recta.

## USO XXV.

*Conocida la ascension recta de una estrella ó su distancia á equinoccio hallar la de las demas.*

Obsérvese de quanto mas tarde pasan las demas estrellas bajo el meridiano que la primera; los intervalos de tiempo, convertidos en grados, á razon de  $15^{\circ}$  por hora, darán las diferencias de ascension recta que, añadidas á las de la primera estrella conocida, darán las ascensiones rectas de las demas.

## USO XXVI,

*Hallar la hora de la culminacion ó del paso de una estrella en el meridiano.*

Señálese el lugar del sol en la eclíptica, y el de la estrella; colóquese el sol en el meridiano; póngase en el estilo horario á las 12; tráigase el lugar de la estrella bajo el meridiano, y el estilo indicará la hora en que la estrella pasa por el meridiano.

Si, en lugar de una estrella, se pone, bajo el meridiano, el punto equinoccial, tendráse lo que los astrónomos llaman la hora



del paso del equinoccio por el meridiano de la que hay tablas construidas.

Sin recurrir al estilo horario, un globo de solo 9 pulgadas de diámetro puede dar gran precision, pues, á 4 minutos poco mas ó menos, se tiene la hora en que una estrella pasa por el meridiano, como igualmente su salida. A este fin, obsérvese el punto del ecuador á que corresponde el sol colocado en el meridiano, y despues, el punto del ecuador en que corresponde la estrella colocada en el meridiano, cuéntese el intervalo de estos dos puntos del ecuador, esto es la diferencia de la ascension recta entre el sol y la estrella, y resultará un gran número de grados, que, convertidos en tiempo, á razon de 4 minutos de tiempo por cada grado, ó de una hora por 15°, dará la hora que es, si es despues de mediodia; ó bien se tendrá lo que falta para mediodia, si pasa la estrella la mañana, esto es, si se vé que pasa el sol al meridiano despues de la estrella, volviendo el globo siempre de oriente á occidente.

## USO XXVII.

*Conocido el paso de una estrella en el meridiano, hallar su lugar en el cielo ó en el globo.*

Tenemos, por ejemplo, *Sirio*, estrella de primera magnitud. La tabla indica que esta estrella pasa al meridiano el 1 de Octubre, á 18 horas 2', esto es, el 2 de Octubre; y que su altura meridiana, para Paris, es de 24° 45', colóquese el cuadrante en el paso del meridiano á las 6 y 2' de la mañana, y póngase á la altura de 24° 45'; al momento se observa que el cuadrante se dirige hácia una hermosa estrella y se distingue á *Sirio*.

Obsérvese que la tabla señala 18 horas 2', porque el dia astronómico empieza á las 12 del dia, y acaba el dia siguiente á la misma hora; al contrario el dia civil comienza á las 12 de la noche.

## USO XXVIII.

*Hallar á que dia sale una estrella á cierta hora.*

Colocado el polo á la altura del lugar y la estrella en el horizonte oriental, póngase el estilo horario á la hora dada hácia el oriente, si es una de las horas de la mañana; si despues se hace girar el globo hasta que llegue el estilo á las 12 ó mediodia á lo alto del círculo, verése cual es el lugar de la eclíptica situado en

el meridiano: sabráse que el sol se halla en este punto de la eclíptica; este dia es el dia en que la estrella debe salir á la hora dada. Supongamos que *Sirio* salga á las 7 de la tarde en Paris, hallaráse que el sol se halla en el 11° de Capricornio que corresponde al 1 de Enero; este es el dia en que *Sirio* sale á las 7 de la tarde en Paris.

## USO XXIX.

*Conocido el lugar del sol en un dia dado, hallar á que hora sale este astro.*

Despues de haber colocado el estilo á las 12, cuando estaba el lugar del sol en el meridiano, condúzcase el sol al horizonte hácia el oriente, y el estilo indicará la hora que es.

## USO XXX.

*Hallar á que hora las estrellas circumpolares, en su revolucion diurna se hallan una bajo otra.*

Como estas estrellas, en su revolucion diurna, se encuentran muchas veces en el mismo vertical, observando su paso, se tiene un modo de saber la hora que es.

Para hallar la hora de este paso, colocad el globo á la altura del polo, el estilo horario á las 12, y el lugar del sol en el meridiano; dese vuelta al globo hasta que las dos estrellas propuestas se hallen en el vertical móvil; el estilo horario indicará la hora que se busca.

La operacion será mas exacta, si colocando el lugar del sol en el meridiano, se examina en el ecuador cual es su ascension recta; pónganse las dos estrellas en el mismo vertical, y obsérvese la ascension recta del medio del cielo, ó del punto del ecuador que se hallará en el meridiano: la diferencia de estas dos ascensiones rectas, convertidas en tiempo, dará la hora indicada.

## USO XXXI.

*Hallar en que dia cesará una estrella de mostrarse por la tarde, despues de puesto el sol, ó el dia de su ocaso heliaco.*

Resulta de las observaciones que *Sirio* puede verse del lado del ocaso con tal que se halle el sol á 10° bajo el horizonte. Levántese pues el polo á la altura del lugar; condúzcase esta estre-



lla al horizonte del lado del occidente; aváncese este cuadrante móvil hasta que corte la eclíptica á  $10^\circ$  bajo el horizonte; el punto de la eclíptica bajado de  $10^\circ$ , ó el que toca el  $10^\circ$  del vertical, indicará el lugar del sol. De este modo, veráse que el  $19^\circ$  de Tauro responde al día nueve de Mayo. Así sabráse que en este día sucede el *caso heliaco de Sirio* ó su desaparición; al día siguiente, estando el sol mas cerca de esta estrella, será esta envuelta en la luz del crepúsculo y en los rayos del sol, y cesará así de ser visible.

De la misma manera hallaráse el día en que debe volver á mostrarse esta estrella por la mañana, antes de salir el sol, ó su *salida heliaca*, colocando esta estrella en el horizonte del lado del oriente y observando cual es el punto de la eclíptica que está situado á  $10^\circ$  bajo el horizonte á lo largo del vertical; y el día en que el sol se encuentra en este punto de la eclíptica será el día de la salida heliaca de la estrella.

## USO XXXII.

*Conocen la disposición del cielo á cualquiera hora dada.*

Estando el polo á la altura del lugar, colóquese bajo el meridiano el grado de la eclíptica en que está el sol, y el estilo horario á las 12; vuélvase el globo hasta que el estilo se halle á la hora dada; entónces hallaráse el globo segun el estado del cielo; veráse de este modo cuales son las estrellas que están en el horizonte, cuales son las que están en el meridiano en las partes orientales y occidentales, veráse por medio de las verticales la altura de las mas considerables; veráse tambien cuales se hallan encima y cuales debajo de nuestro hemisferio.

## USO XXXIII.

*Disponer el globo como se halla el cielo en un día y en una hora dada.*

Dispuesto el globo como para el uso precedente, si se le expone al aire en un plano bien horizontal, de modo que su oriente corresponda perfectamente al oriente, su mediodia al mediodia, etc., veráse las constelaciones del globo corresponder tambien á las constelaciones del cielo, lo que facilita en gran manera el conocimiento de las estrellas. Dando vuelta al globo, observaráse cuales son las estrellas que pasan por el zenit de un lugar

dado; podrán reconocerse cuales son aquellas cuya declinacion es igual á la latitud geográfica del país en que se está. Efectivamente si una estrella tiene  $49^\circ$  de declinacion, estando tambien el zenit de Paris á  $49^\circ$  del ecuador, debe la estrella hallarse en el zenit en el momento en que pasa al meridiano.

Veráse cuales son las estrellas que jamas se ponen para Paris, que son las que distan menos del polo que el mismo polo dista del horizonte, esto es, en Paris, las que no están á  $49^\circ$  del polo, ó que tienen mas de  $41^\circ$  de declinacion, como las dos Osas, ó el Dragon, Cefea, Andrómeda Perseo, la Cabra y otras.

El globo mostrará las estrellas que se hallan hácia el mediodia á mas de  $41^\circ$  de declinacion austral, ó á menos de  $49^\circ$  del polo antártico ó del sud, y se verá que jamas se muestran á nuestra vista.

## USO XXXIV.

*Hallar por medio del globo la hora que es al sol.*

El resultado se logra,  $1^\circ$  si, despues de haber dirigido un cuadrante hácia este astro, se ha medido la altura de este último. Conocida esta altura, puesto el polo á la altura que se requiere y el estilo horario á las doce, levántese sobre el globo, á una hora semejante, encima del horizonte, el punto de la eclíptica en que está el sol y el estilo indicará la hora.

$2^\circ$  Orientado el globo del modo que su meridiano se halle, alineado sobre una meridiana, y en pleno sol, una mitad del globo se hallará alumbrada y la otra se hallará en la oscuridad. Si los puntos del ecuador en que se une el hemisferio oscuro y el hemisferio alumbrado, caen en el mismo horizonte, es prueba eso que son las doce del día, si se hallan á  $15^\circ$  á lo largo del ecuador, prueba eso que es la una, á  $30^\circ$  son las dos y así sucesivamente; pero es cuando se halla el sol en el occidente, esto es, cuando la parte alumbrada se aleja del punto del ecuador; que está al oriente; pues si se halla el sol al oriente, entónces serán las once de la mañana, las diez, etc.

## USO XXXV.

*Hallar la hora en que la luna sale todos los días del año.*

Empiécese por buscar en las efemérides ó en el libro del conocimiento de los tiempos, el lugar de la luna que corresponde al día



propuesto; opérese, con respecto á la luna, como se ha indicado para con el sol; y el estilo horario indicará su salida.

## USO XXXVI.

*Hallar la diferencia de tiempo que media entre el ocaso y salida de la luna y el ocaso y salida del sol.*

Búsquese el lugar de la luna, despues hágase venir el sol y la luna sucesivamente al horizonte, hácia el oriente y hácia el occidente, y la diferencia indicada por el estilo de la aguja será la que se busca.

## USO XXXVII.

*Mostrar porqué no puede verse nunca la luna al polo norte, durante cerca de cinco meses en el verano, como luna llena, ni como luna nueva durante cerca de cinco meses en invierno.*

Colóquese el polo del globo ó de la esfera en el zenit, y dése vuelta hasta que la luna se halle en oposicion mientras que el sol se halla sobre el horizonte, lo cual es por lo que concierne al verano; podrá verse que la luna llena no puede mostrarse en el horizonte durante todo el tiempo en que la declinacion del sol es mayor de  $5^{\circ}$  y algunos minutos, esto es, desde el primero de Abril, hasta el 8 ó 9 de Setiembre, pues la latitud de la luna no escede esta cantidad. Si se continúa dando vuelta á la esfera hasta que el sol llegue bajo el horizonte, al momento que ambos astros lleguen á estar en conjuncion se verá que la luna no puede verse sobre este horizonte, cuando es nueva, durante todo el tiempo en que la declinacion meridional del sol es mayor que  $5^{\circ}$ , esto es, desde el 5 de Octubre hasta el 5 ó 6 de Marzo.

*Descripcion de la esfera segun el sistema de Copérnico.*

El sol en verdad, parece hacer su revolucion diaria al derredor de la tierra; pero esto es una ilusion causada por el movimiento diario de la tierra sobre sus polos de occidente á oriente, y semejante á la de un hombre que, nacido en la mar, y no habiendo jamas salido del buque, aseguráse que se mueven las riberas, los árboles y los buques anclados, y que á su alrededor circulan, porque la embarcacion en que se halla diese una vuelta sobre sí misma.

Ha sido pues necesario procurar desengañar á nuestros sentidos y construir instrumentos propios, que nos indicasen la verdad. A este número pertenece la esfera segun el sistema de Copérnico. Compónese ésta de dos círculos máximos inmóviles que indican el lugar de las estrellas fijas y que se entrecortan formando ángulos rectos en el zenit y nadir uno de estos círculos, llamado *coluro* de los equinoccios, corta á la eclíptica en los primeros grados de Aries y de Libra; el otro llamado *coluro de los solsticios* la corta en los primeros grados Cáncer y Capricornio; ambos dividen las cuatro estaciones del año. Los puntos de su interseccion son los polos de la eclíptica, el superior ó *boreal*, y el inferior ó *austral*, que dista cada uno  $23^{\circ} 28'$  de los polos ártico y antártico que son los del ecuador. La eclíptica ocupa la parte media del zodiaco, que contiene los dos signos divididos de  $30^{\circ}$  en  $30^{\circ}$ . Los meses se hallan indicados con grados que corresponden á los grados de cada signo. El eje de la eclíptica se prolonga de un polo á otro para recibir las órbitas de los planetas. Una bola dorada, colocada en el centro representa el sol; las órbitas de los planetas se mueven al rededor de este astro que los alumbrá, segun sus períodos marcados, á diversas distancias del sol que son entre sí como los números 4, 7, 10, 15, 23, 26, 27, 27, 52, 95, y 192. Estos números, cuya memoria se guarda á causa de su sencillez, son tales que cada unidad vale algo mas de 3 millones de leguas de 25 al grado ó de 3, 263 toesas cada una.

## SISTEMA DE COPERNICO.

## I EL SOL.

	leguas.
1 El Sol	
2 Mercurio, distancia del sol	13000000
3 Vénus	25000000
4 La Tierra	35000000
5 La Luna de la Tierra á	86000
6 Marte	53000000
7 Juno	81000000
8 Vesta	92000000
9 Céres	96400000
10 Palas	182000000
11 Júpiter	329000000
12 Saturno	662000000
13 Urano	



La tierra representada por un pequeño globo, se halla inclinada de modo que su eje se halla siempre paralelo á sí mismo, y que sus polos se hallan siempre inclinados á los polos del mundo. Este paralelismo se halla mantenido por la posición fija del eje en una garrucha ó polea que, por un hilo corresponde á otra garrucha colocada en el centro del sol. Por este medio, la tierra se mueve al rededor del sol, sin que cese de hallarse inclinado su eje, y dirigido hácia la misma region del cielo. Este eje se halla adherido á un círculo que representa el meridiano en el zenit del cual se halla fijada una laminilla de cobre para indicar la órbita de la luna que rodea á la tierra, y que consigo arrastra esta última: del mismo modo que Júpiter y Saturno se hallan rodeados, y el primero por las cuatro y el segundo por las cinco órbitas de sus satélites, pero como estas órbitas no pueden entrar en el conjunto, puede figurárseles la imaginacion.

Tal es la construccion ordinaria de la esfera de Copérnico. En una máquina tal, imposible es guardar proporcion alguna, tanto en lo concerniente al volúmen de los planetas como en lo relativo á sus distancias entre sí. Sábese que el diámetro del sol es al de la tierra como  $111\frac{1}{2}$  es á la unidad, y que este astro es un millon y  $\frac{1}{2}$  mayor que nuestro planeta. Como el sol no se halla en el centro del movimiento de la tierra, si entre su mayor y su menor distancia, tomamos una distancia media, hallaremos que esta es, poco mas ó menos, 12,000 diámetros de la tierra; ahora bien, supongamos una tierra de una pulgada de diámetro. necesario será un sol de 111 pulgadas  $\frac{1}{2}$  ó de 9 pies 3 pulgadas  $\frac{1}{2}$  de diámetro: y como la menor distancia indicada es de 12,000 pulgadas, será preciso una estension de 133 toesas.

Concluyamos pues que la utilidad de esta máquina, reducida en volúmen, consiste en darnos la idea de las situaciones respectivas de los planetas, de la duracion de sus revoluciones; pero es necesario que la imaginacion, ayudada del socorro astronómico supla y corrija en algun modo una imperfeccion irremediable.

En este sistema, el sol se halla en el centro del mundo, del cual esparce su luz y calor á todos los planetas que como la tierra, considerada como planeta, se mueven al rededor con movimientos particulares. Resulta en el uso de los globos una diferencia que depende de uno y otro sistema. El movimiento de rotacion de la tierra sobre sus dos polos, de occidente á oriente, en 24 horas; hace creer que el sol marcha de oriente á occidente: por esta razon repárase 1<sup>o</sup> que, el uso del globo celeste, según Copérnico, las horas, indicadas en el círculo horario, se cuentan de oriente á occidente, 2<sup>o</sup> que, en el uso del globo

terrestre, se cuentan de occidente á oriente, porque en este sistema se atribuye el movimiento á la tierra.

Basta lo expuesto para no fatigar al lector con repeticiones que serian inútiles. Como el globo terrestre, colocado en la esfera de Copérnico, es demasiado pequeño para servir para la resolucion de los problemas de geografía y astronomía, nuestra intencion es hacer sensible, mediante la máquina geocíclica, por el movimiento diurno de la tierra, el movimiento aparente de los cuerpos celestes, y, por su movimiento anual, el cambio de las estaciones y la aparieacia del movimiento anual del sol.

## CAPITULO V.

## DE LAS CONSTELACIONES

De todas las medidas del tiempo, la mas sencilla era la que ofrecia la luna. Pero las doce revoluciones de este astro, alternativamente apartado ó aproximado del sol, y pasando y volviendo á pasar sucesivamente, de mes en mes, bajo ciertas estrellas, no se contienen precisamente en un cierto número de veces en las revoluciones que hace el sol, pasando, á certa diferencia, bajo las mismas estrellas, y no podian determinar el movimiento y el fin del año.

El autor del *Espectáculo de la naturaleza* refiere la manera ingeniosa de que los Caldeos, primeros observadores, se sirvieron para conocer exactamente la línea que describe el sol en sus perpetuas mudanzas de lugar, y dividir el año en partes iguales. Despues de haberse asegurado de la ruta anual del sol, observaron exactamente todos las estrellas bajo las cuales pasa el astro, y que se hallan en su camino, desde que ha partido de una estrella primera que se escoge á voluntad, hasta que vuelva á venir bajo esta misma estrella; de esta manera llegaron á fijar los límites ciertos de esta ruta. Conociendo tambien la igualdad de los espacios que ocupan los doce conjuntos de estrellas, ó constelaciones que ciñen esta ruta, conocida bajo el nombre de *eclíptica*, las llamaron *las casas del sol*, y le asignaron tres por cada estacion. Pero despues dieron á cada una de ellas nombres propios para caracterizar la que es particular á cada parte del año, ó lo que se pasaba en la tierra en el momento en que el astro se hallaba bajo tales ó cuales estrellas. Aun en el dia conservan estos nombres, y se hallan comprendidos en un espacio llamado *zodiaco*.



La tierra representada por un pequeño globo, se halla inclinada de modo que su eje se halla siempre paralelo á sí mismo, y que sus polos se hallan siempre inclinados á los polos del mundo. Este paralelismo se halla mantenido por la posición fija del eje en una garrucha ó polea que, por un hilo corresponde á otra garrucha colocada en el centro del sol. Por este medio, la tierra se mueve al rededor del sol, sin que cese de hallarse inclinado su eje, y dirigido hácia la misma region del cielo. Este eje se halla adherido á un círculo que representa el meridiano en el zenit del cual se halla fijada una laminilla de cobre para indicar la órbita de la luna que rodea á la tierra, y que consigo arrastra esta última: del mismo modo que Júpiter y Saturno se hallan rodeados, y el primero por las cuatro y el segundo por las cinco órbitas de sus satélites, pero como estas órbitas no pueden entrar en el conjunto, puede figurárseles la imaginacion.

Tal es la construccion ordinaria de la esfera de Copérnico. En una máquina tal, imposible es guardar proporcion alguna, tanto en lo concerniente al volúmen de los planetas como en lo relativo á sus distancias entre sí. Sábese que el diámetro del sol es al de la tierra como  $111\frac{1}{2}$  es á la unidad, y que este astro es un millon y  $\frac{1}{2}$  mayor que nuestro planeta. Como el sol no se halla en el centro del movimiento de la tierra, si entre su mayor y su menor distancia, tomamos una distancia media, hallaremos que esta es, poco mas ó menos, 12,000 diámetros de la tierra; ahora bien, supongamos una tierra de una pulgada de diámetro. necesario será un sol de 111 pulgadas  $\frac{1}{2}$  ó de 9 pies 3 pulgadas  $\frac{1}{2}$  de diámetro: y como la menor distancia indicada es de 12,000 pulgadas, será preciso una estension de 133 toesas.

Concluyamos pues que la utilidad de esta máquina, reducida en volúmen, consiste en darnos la idea de las situaciones respectivas de los planetas, de la duracion de sus revoluciones; pero es necesario que la imaginacion, ayudada del socorro astronómico supla y corrija en algun modo una imperfeccion irremediable.

En este sistema, el sol se halla en el centro del mundo, del cual esparce su luz y calor á todos los planetas que como la tierra, considerada como planeta, se mueven al rededor con movimientos particulares. Resulta en el uso de los globos una diferencia que depende de uno y otro sistema. El movimiento de rotacion de la tierra sobre sus dos polos, de occidente á oriente, en 24 horas; hace creer que el sol marcha de oriente á occidente: por esta razon repárase 1<sup>o</sup> que, el uso del globo celeste, según Copérnico, las horas, indicadas en el círculo horario, se cuentan de oriente á occidente, 2<sup>o</sup> que, en el uso del globo

terrestre, se cuentan de occidente á oriente, porque en este sistema se atribuye el movimiento á la tierra.

Basta lo expuesto para no fatigar al lector con repeticiones que serian inútiles. Como el globo terrestre, colocado en la esfera de Copérnico, es demasiado pequeño para servir para la resolucion de los problemas de geografía y astronomía, nuestra intencion es hacer sensible, mediante la máquina geocíclica, por el movimiento diurno de la tierra, el movimiento aparente de los cuerpos celestes, y, por su movimiento anual, el cambio de las estaciones y la aparieacia del movimiento anual del sol.

## CAPITULO V.

## DE LAS CONSTELACIONES

De todas las medidas del tiempo, la mas sencilla era la que ofrecia la luna. Pero las doce revoluciones de este astro, alternativamente apartado ó aproximado del sol, y pasando y volviendo á pasar sucesivamente, de mes en mes, bajo ciertas estrellas, no se contienen precisamente en un cierto número de veces en las revoluciones que hace el sol, pasando, á certa diferencia, bajo las mismas estrellas, y no podian determinar el movimiento y el fin del año.

El autor del *Espectáculo de la naturaleza* refiere la manera ingeniosa de que los Caldeos, primeros observadores, se sirvieron para conocer exactamente la línea que describe el sol en sus perpetuas mudanzas de lugar, y dividir el año en partes iguales. Despues de haberse asegurado de la ruta anual del sol, observaron exactamente todos las estrellas bajo las cuales pasa el astro, y que se hallan en su camino, desde que ha partido de una estrella primera que se escoge á voluntad, hasta que vuelva á venir bajo esta misma estrella; de esta manera llegaron á fijar los límites ciertos de esta ruta. Conociendo tambien la igualdad de los espacios que ocupan los doce conjuntos de estrellas, ó constelaciones que ciñen esta ruta, conocida bajo el nombre de *eclíptica*, las llamaron *las casas del sol*, y le asignaron tres por cada estacion. Pero despues dieron á cada una de ellas nombres propios para caracterizar la que es particular á cada parte del año, ó lo que se pasaba en la tierra en el momento en que el astro se hallaba bajo tales ó cuales estrellas. Aun en el dia conservan estos nombres, y se hallan comprendidos en un espacio llamado *zodiaco*.



Las necesidades del comercio y de la navegacion hicieron descubrir á los Fenicios la Osa mayor y menor. Esos primeros navegantes fijaron especialmente la última estrella situada á la estremidad de la cola de la Osa menor, porque, muy poco lejana del polo, se ve siempre hácia el mismo punto del cielo, y por esta razon se llama *estrella polar*. Al descubrimiento de esta estrella debe la navegacion sus progresos y sus riquezas.

Las figuras simbólicas de hombres, mugeres, de animales que eran un principio de escritura, fueron, en lo sucesivo, convertidas en tantos poderes celestes, terrestres, infernales; en una palabra la fábula colocó en ellas sus sueños y sus visiones; de las influencias, de las propiedades de las relaciones pretendidas tuvieron origen las constelaciones, á las cuales en general vagas semejanzas dieron diferentes nombres.

Por último los astrónomos modernos, con mayor razon, en memoria de algunos hombres célebres y algunos instrumentos útiles, han aumentado el número de las constelaciones, de lo que resulta la diferencia entre las constelaciones de los antiguos y las de los modernos.

El catálogo de Hiparco, astrónomo de Nicea, que nos ha transmitido Ptolomeo, contiene 1,022 estrellas, distribuidas, por los Griegos, en 48 constelaciones, de las cuales 12 se hallan en el zodiaco, 23 al norte y 15 al mediodía.

Los astrónomos modernos han aumentado el número de las boreales, ó del norte, de 13; el de las australes, ó del sud, de 31; de manera que el número de las constelaciones se reduciría á 94, si los astrónomos de este siglo, por sus inmensos trabajos, no hubiesen procurado, por decirlo así, enriquecer el cielo. Ambos telescopios de Herschell han sido colocados por el astrónomo Lalande, en el atlas de Flamsteed; en el gran atlas que M. Bode ha publicado en Berlin, en 20 hojas, y que excede, de mucho, todo lo que hasta ahora se ha hecho en este género, hay tres nuevas constelaciones, *al cuadrante del círculo mural*, en memoria del instrumento que sirvió para determinar las cincuenta mil estrellas de Lalande, la *prensa de imprenta* y el *globo aerostático*, en memoria de los dos mayores descubrimientos de Alemania y Francia.

Entre el mayor número de estrellas que componen estas constelaciones, distingúense varias magnitudes: 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, pero las estrellas de 7<sup>a</sup> magnitud no pueden ser visibles sin el socorro del telescopio.

Cuéntanse ordinariamente 15 estrellas de primera magnitud; Sirio, la espalda de Orion, el pié de Orion ó Rigel, el ojo del Toro ó Aldebarán, la Cabra, la Lira, Arturo, el corazón del Escor-

pion ó Antares, la Espiga de la Virgen, el corazón de Leon ó Régulo, Prócion, Fomalhaut, Canopo y Acharnar: estas dos últimas son invisibles.

Para aprender á conocer las diferentes constelaciones por sus figuras, sus situaciones y sus nombres, el medio mas sencillo es recorrer á un globo, ó á mapas celestes como las de Flamsteed, Hevelio, ó al planisfero de Roberto de Vaugondy, corregido y aumentado con un gran número de estrellas, y nebulosas, observadas por los astrónomos Lalande, la Caille, Méchain, Messier, etc., de que damos la explicacion y usos.

## § PRIMERO.

## LAS DOCE CONSTELACIONES DEL ZODIACO CON SUS

## PRINCIPALES ESTRELLAS.

1. ♈ *Aries* ó el Carnero, contiene 42 estrellas, de las cuales hay una de segunda magnitud, designada por *a*, en el cuerno occidental; llamada *Lucidos Arietis*, á 28° 50' de ascension recta y 22° 28' de declinacion boreal. El origen de esta constelacion proviene del carnero que, cubierto con un bellon de oro, salvó Frijio y Heles, hijos de Atamanto y Nefeles, de la crueldad de Ino, hija de Cadmo, su madrastra. De estos dos desgraciados, Heles cayó en el Ponto, y dió á este mar el nombre de Helesponto; el otro, libre de todo peligro, se refugió á la corte de Oeta, rey del Ponto, inmoló á Júpiter el carnero que le habia salvado la vida y colgó el vellon en el templo. Contento de este sacrificio, colocó Júpiter este animal en el cielo, el cual, según Rufo Cesto, no es de los mas brillantes, habiendo dejado su vellon de oro en la tierra.

2. ♉ *Taurus*, el Toro, el cual se compone de 207 estrellas, entre las cuales hay una de primera magnitud llamada por los Arabes *Aldebaran*, ó ojo del Toro, designada por la letra *a*, 65° 58' de ascension recta, y 16° 5' de declinacion boreal, Júpiter colocó este toro en el cielo, porque navegando en Sidon en una embarcacion que tenia la figura de un toro, robó en Creta á Europa, hija de Agenor, que jugaba cerca del templo de Esculapio, y de ahí procede la fábula de Júpiter transformado en toro.

Otros pretenden que esta constelacion procede de lo ó Isis, cambiado por Juno en vaca, y robada al cielo por Júpiter; incertidumbre que dá á Ovidio motivo para chancear.

Repáranse en esta constelacion la *Hiadas*, que están en la ca-



beza del toro, llamadas así por que causan las lluvias por su salida cósmica. Llámase salida cósmica de un astro cuando sale este astro con el sol. La salida y ocaso cósmicos tienen lugar al salir el sol; la salida y ocaso astronómicos tienen lugar al ponerse el sol.

Las pleyadas se hallan en la espalda del toro; eran siete; en el tiempo de Ovidio no había mas que seis. Galileo asegura haber observado en esta constelacion con su telescopio mas de 40 estrellas, y el Padre Zupejesuita, mas de 50. Segun la fábula, estas pleyadas fueron colocadas en el cielo, porque habían sido las nodrizas de Júpiter y Baco. La mas brillante es Maia, madre de Mercurio; Esterope, Taygetes y Celeno forman con Maia un cuadrilátero, las otras son Electra Alcinoe Merope; la primera, afligida del incendio de Troya no quiso bailar con sus hermanas; y por este motivo se oculta y no se muestra.

Algunos opinan que, la que se oculta es Merope avergonzada de haberse casado con un mortal, mientras que sus demas hermanas se habían unido á dioses: Electra, Maia, y Taygetes á Júpiter; Esterope á Marte; Alcinoe y Celeno á Neptuno.

3. II *Geminis*, los gemelos constelacion compuesta de 64 estrellas, tres de segunda magnitud, de las cuales dos se hallan en sus cabezas; la que se halla en la cabeza de Castor *a* llamada *Apolo*, tiene  $110^{\circ} 17'$  de ascension recta, y  $23^{\circ} 20'$  de declinacion boreal; la que se halla en el cuello de Polux *a* que se llama *Hércules* tiene  $113^{\circ} 6'$  de ascension recta,  $28^{\circ} 31'$  de declinacion boreal. Júpiter bajo la forma de un cisne, se enamoró de tal modo de Leda, hija del Céfalo y muger del Tindalo, que puso un huevo del que salieron Castor, Polux y Elena. Tan estrechamente reñidos se hallaban los dos hermanos, que no había entre ellos preeminencia y que nada hacian sin comunicarse.

Habiendo sido muerto Castor en el sitio de Esparta, pidió Polux á Júpiter que le concediese dar á Castor la mitad de su vida, para poder vivir alternativamente. Para perpetuar un ejemplo de tan raro amor fraternal, los colocó en el cielo á ambos abrazados estrechamente y brillando alternativamente. Los antiguos juzgábase dichosos cuando veian brillar á ambos.

4.  $\zeta$  *Cáncer*, el Cangrejo, contiene 85 estrellas, de las cuales 7 son de cuarta magnitud; una tiene  $121^{\circ} 17'$  de ascension recta, y  $9^{\circ} 49'$  de declinacion. En el pecho hay un montoncito llamado el Cántaro. Galileo encontró con su telescopio que esta nebulosa se compone de 36 estrellas pequeñas. Este cangrejo se colocó en el cielo, á ruegos de Juno, porque Hércules lo mató, por haberle mordido el pié durante el combate que sostuvo este héroe con la hidra.

5.  $\beta$  *Leo*, el Leon, contiene 93 estrellas de las cuales hay una de primera magnitud, designada por *a* en el pecho, llamada *Regulo* ó *corazon de Leon*, y tiene  $149^{\circ} 17'$  de ascension recta, y  $12^{\circ} 59'$  de declinacion boreal; otra *b* en la cola de segunda magnitud llamada *Daneb Elteceb cola de Leon*, tiene  $174^{\circ} 35'$  de ascension recta, y  $15^{\circ} 45'$  de declinacion boreal. Este leon fué el que mató Hércules en la calda Nemea.

6.  $\beta$  *Virgo*, la Virgen, se compone de 117 estrellas, de las cuales *a* de primera magnitud, llamada *Asimech*, ó la *Espiga*, tiene  $198^{\circ} 22'$  de ascension recta y  $10^{\circ} 4'$  de declinacion boreal. Segun Hesiodo, esta virgen es hija de Júpiter y de Temis; y segun Arato de Astréa y de Aurora.

Otros pretenden que es Erigone, hija de Icaro, que, viendo que el siglo de oro se había cambiado en siglo de hierro, á causa de la avaricia é injusticia de los hombres, dejó la tierra y se retiró en el cielo. Plinio y Suetonio cuentan que en el espacio comprendido entre la Virgen y el Escorpion, apareció, despues de la muerte de Julio César, durante siete dias, un cometa que se creyó ser el alma de Julio César puesta en el cielo.

7.  $\beta$  *Libra*, la Balanza, contiene 66 estrellas, entre las cuales dos son de segunda magnitud, una *a*, llamada el *medio del Azote*, tiene  $226^{\circ} 26'$  de ascension recta, y  $8^{\circ} 36'$  de declinacion boreal; otra *a*, en el platillo meridional, llamada *Zubeneschemali* tiene  $219^{\circ} 49'$  de ascension recta, y  $15^{\circ} 9'$  de declinacion austral; otra *b*, de tercera magnitud, en el platillo boreal, llamado *Zubeulgembi*, tiene  $230^{\circ} 57'$  de ascension recta, y  $14^{\circ} 51'$  de declinacion austral. Este signo de la Balanza fué muy célebre, no solo porque servia á la fundacion de Roma, sino porque se hallaba cerca de la estacion del otoño, constituyendo los dias iguales á las noches.

8.  $\beta$  *Escorpion*, esta constelacion tiene 60 estrellas, de las cuales hay una *a*, de primera magnitud, llamada *Antares*, ó *corazon del Escorpion*; tiene  $233^{\circ} 9'$  de ascension recta, y  $25^{\circ} 57'$  de declinacion austral. Como Orion se pone cuando sale Escorpion, se fingió en la antigüedad, que este animal le había dado la muerte, á Orion cuando este se jactaba de poder destruir al mas tremendo animal, y que, para aconsejar á los hombres de no abandonarse á la jactancia, había sido colocado en el cielo el Escorpion.

9.  $\beta$  *Sagitario*, ó el flechero contiene 94 estrellas, y 6 de tercera magnitud una *a* en la rodilla, tiene  $287^{\circ} 20'$  de ascension recta, y  $40^{\circ} 59'$  de declinacion austral. Algunos pretenden que esta constelacion representa á Euroto, hijo de Eugenes no.



driza de las musas y que, á ruegos de éstas fué colocado en el cielo como amaba con furor la caza, se le representó mitad hombre, y mitad caballo con arco y flechas. Ovidio dice que es Chiron, que sufriendo atroces dolores á consecuencia de una herida de una flecha de Hércules, empapada en la sangre de la hidra de Lerna, pidió con instancia la muerte; pero como era inmortal, los dioses le colocaron en el cielo entre los doce signos del zodiaco.

10. *Capricornio*; esta constelación tiene 64 estrellas, 2 de segunda magnitud, en el contorno de su cola y 3 nebulosas. La brillante *a* en el cuerno, tiene  $301^{\circ} 36'$  de ascension recta, y  $13^{\circ} 11'$  de declinacion austral. Refiere Higino que, en la guerra de los gigantes, esparció Tifon tan gran consternacion entre los dioses y diosas, que se habian juntado en Egipto, que adoptaron figuras raras para sustraerse al furor de sus enemigos. Pan se cambió en macho cabrío marino ó capricornio, para hallarse en seguridad en mar y tierra; Júpiter, en Carnero; Juno, en Vaca; Vénus, en pez; y así los demas.

El autor del espectáculo de la naturaleza, apoyando en la autoridad de Mecrobio y en un plan de analogía, imagina que los observadores caldeos dieron un nombre particular á cada una de las constelaciones, cuya propiedad consistia no solo á darlos á conocer á los demas pueblos, sino á anunciarles la circunstancia del año que interesaría toda la sociedad, cuando hubiera llegado el sol á esta constelación. Por mas ingeniosa que sea la explicacion que ha hecho este escritor, procuraremos probar en otra parte, al tratar de la constitucion del zodiaco, que no puede tener lugar esta aplicacion, y que no podian tener idea de ella los institutores del zodiaco.

11. *Acuario*; esta constelación contiene 117 estrellas, entre las cuales una de tercera magnitud, en la espalda, designada por *a*, tiene  $328^{\circ} 45'$  de ascension recta, y  $1^{\circ} 20'$  de declinacion austral. Ganímedes, hijo de Troilo y de Callireo, cazando en el monte Ida, fué arrebatado por un águila en el cielo, para ser copero de los dioses y testigo de su libertinage.

12. *Piscis* los Peces contienen 116 estrellas, en los cordones que los unen hay una *a*, de tercera magnitud, que tiene  $27^{\circ} 48'$  de ascension recta, y  $1^{\circ} 45'$  de declinacion austral. Vénus y Cupido, para escapar al furor de los gigantes, se cambiaron en peces y fueron trasportados en Siria, y por esta razon abstenerianse de pesca, en otro tiempo, los Sirios, temiendo devorar á los dioses.

Las 23 constelaciones boreales de los antiguos, con sus principales estrellas.

1. La *Osa menor* contiene 22 estrellas, entre las cuales hay 2 de segunda magnitud; la de la espalda, indicada por *beta*, tiene  $222^{\circ} 52'$  de ascension recta, y  $75^{\circ} 1'$  de declinacion. La otra á la estremidad de la cola, llamada actualmente *estrella polar*, y designada por *alfa*, tiene  $12^{\circ} 32'$  de ascension recta, y  $85^{\circ} 11'$  de declinacion. En el tiempo de Eudoxio ó Hiparco, la estrella de la espalda era la mas próxima al polo, distando solo de éste 7 á  $8^{\circ}$  y la de la cola era la mas austral, distando del polo de 12 á  $14^{\circ}$ . El movimiento propio de los astros, contra el orden de los signos, es la causa de este cambio. Tal fué el primero que hizo observar á los Griegos esta constelación que llamó *perro menor*.

2. La *Osa menor*, ó el *Carro mayor*, se compone de 97 estrellas, entre las cuales hay 6 de segunda magnitud, 3 en el cuerpo y 3 en la cola. La primera, que se halla cerca de la cola, indicada por *epsilon* se llama *Alioth*, tiene  $191^{\circ} 11'$  de ascension recta, y  $57^{\circ} 6'$  de declinacion. Los Fenicios, á causa de los servicios que derivaban de esta constelación, la llamaron *Dubé*, nombre que aún le dan los astrónomos y que significa *constelación que habla*. Pero, en la lengua de los Fenicios, la palabra *dubé* significaba tambien una osa, y en este sentido, absolutamente extraño la comunicaron á los Griegos.

Entre los Romanos, como el pueblo creía ver en esta constelación la figura de un carro, y como llamaban *terio*, las carretas destinadas á trillar el trigo y á separar el grano, dieron el nombre de *Septentrion* á las siete estrellas mas hermosas de esta constelación.

Segun la fábula, la Osa mayor y menor fueron las nodrizas de Júpiter, en la isla de Creta, cuando Ops le guardaba el furor de Saturno, al son de las trompetas de las vacantes, temiendo que los gritos del niño no fuesen oídos del padre. Añádese que en recompensa de ese servicio los colocó Júpiter en el cielo.

Segun Ovidio ó Higino, la Osa mayor era Calixto hija de Liccaon y ninfa de Diana; por haber consentido en el monte Nonacris á los deseos de Júpiter, fué cambiada en Osa por Diana ó por Juno. Perseguida y acosada por los cazadores se retiró en un templo, lo que le constituyó un nuevo crimen. Hubiera sido muerta si Júpiter compadecido no la hubiera trasportado en el cielo. Como se halla en la parte septentrional, y jamas se pone,



se dice que Tetis, nodriza de Juno, no quiso nunca recibirla, temiendo participar á su infamia.

3. *El Dragon* tiene 85 estrellas entre las cuales hay una de tercera magnitud, en la cabeza, indicada por *beta*, y llamada *Razetarin*; tiene esta estrella  $261^{\circ} 26'$  de ascension recta, y  $52^{\circ} 28'$  de declinacion. En el tiempo de la guerra de los gigantes, las diosas tomaban una parte no menos activa que los dioses. Minerva, atacada por un dragon furioso, lo cogió, y despues de haberlo sofocado lo arrojó contra el cielo con tanto vigor, que quedó en él, como se ve, entrelazado.

4. *El Boyero*, llamado *Arctophilax*, guardador de los Osas, contiene 70 estrellas, entre las cuales hay una de primera magnitud, llamada *Arcturo*, indicada por *alfa*, y tiene  $211^{\circ} 31'$  de ascension recta, y  $20^{\circ} 17'$  de declinacion. El Boyero era hijo de Júpiter y Calixto. Habiéndole hecho trozos Licao para dar de comer á Júpiter, su huésped, este lo resucitó y coloró en el número de los astros, en conmiseracion de que debía haber muerto por haber perseguido, hasta á un templo, á su madre, oculta bajo la figura de Osa.

5. *La Corona boreal* se compone de 33 estrellas, entre las cuales hay una muy brillante indicada por *alfa*, de segunda magnitud, que tiene  $231^{\circ} 27'$  de ascension recta, y  $27^{\circ} 26'$  de declinacion. Esta corona es la que dió Baco á Ariadna cuando se casó con ella y la que colocó en el cielo despues de su muerte.

6. *La serpiente* contiene 61 estrellas, entre las cuales hay una brillante en su cuello designada por *alfa*, de segunda magnitud, que tiene  $233^{\circ} 29'$  de ascension recta, y  $7^{\circ} 6'$  de declinacion.

7. *Hércules* contiene 128 estrellas, entre las cuales hay 7 de tercera magnitud. Hay una en la cabeza designada por *alfa*, llamada en árabe *Ras Algethi*, y tiene  $258^{\circ} 16'$  de ascension recta y  $14^{\circ} 39'$  de declinacion. Opinan muchos que esta constelacion representa á Teseo ó á Ixion ó Tamiro, que habian cegado las musas y que por este motivo se le vé de rodillas pidiendo perdón.

Otros dicen que, al volver de España, fué atacado Hércules en las Galias, por dos hijos de Neptuno; y que despues de haberse defendido y acabado las flechas que llevaba en su aljaba, recurrió á Júpiter, que hizo llover piedras sobre sus asesinos. Segun esta version, á Hércules se representa de rodillas, en actitud de pedir favor á Júpiter.

8. *Ophiuco* ó *Serpentario* se compone de 85 estrellas, una de ellas designada por *alfa*, de segunda magnitud, en la cabeza, llamada en árabe *Ras Algethi*, tiene  $211^{\circ} 18'$  de ascension recta, y  $12^{\circ} 44'$  de declinacion. Esculapio, hijo de Corona y de Apolo,

fué colocado en el cielo á causa de su conocimiento en la medicina, habiendo restituido la vida á muchos por el socorro de una yerba que le habia indicado una serpiente.

En 1604, el 9 de Octubre, mostróse una estrella tan brillante, que tenia casi  $2^{\circ}$  de latitud y  $258^{\circ}$  de longitud; desapareció en 1606.

9. *La Lira* contiene 21 estrellas, entre las cuales la mas brillante designada por *alfa*, llamada la brillante de la Lira, en árabe *Wega* tiene  $277^{\circ} 27'$  de ascension recta, y  $3^{\circ} 36'$  de declinacion. Segun Ovidio, esta lira es la de Orfeo, excelente músico.

10. *El Cisne* se compone de 55 estrellas, entre las cuales hay una designada por *alfa*, en la cola, de segunda magnitud, llamada *Deub Addigege*, y tiene  $308^{\circ} 34'$  de ascension recta y  $44^{\circ} 32'$  de declinacion. Este es el cisne cuya figura habia usurpado Júpiter para seducir á Leda de la que nacieron Castor, Polux y Elena.

En 1600, mostróse una estrella de tercera magnitud en su pecho que tenia  $55^{\circ} 37'$  de latitud, y  $316^{\circ} 18'$  de longitud.

11. *La Flecha* tiene 18 estrellas, entre las cuales la que se halla cerca á la pluma indicada por *alfa*, de cuarta magnitud, tiene  $29^{\circ} 41'$  de ascension recta, y  $17^{\circ} 33'$  de declinacion. Esta flecha fué la que disparó Hércules para matar el buitre que roía el hígado de Prometeo, y que Júpiter colocó en el cielo.

12. *El Delfin* contiene 19 estrellas; entre las cuales hay 5 de tercera magnitud; la de la cola indicada por *epsilon* tiene  $305^{\circ} 48'$  de ascension recta, y de  $10^{\circ} 36'$  de declinacion. Arion hábil tocador de harpa, habiéndose arrojado al mar, para evitar la muerte con que le amenazaban los marineros, fué recibido por un delfin, que lo llevó á tierra, y en recompensa tuvo este animal un lugar en el cielo.

13. *El Aguila* ó *Buitre volante* contiene 26 estrellas, una de las cuales se halla en el cuello, indicada por *alfa*, de segunda magnitud, llamada *Ahair*, y tiene  $295^{\circ} 8'$  de ascension recta, y  $8^{\circ} 19'$  de declinacion.

14. *El Caballo menor* tiene 10 estrellas, entre las cuales hay 4 de cuarta magnitud; la de la cabeza, indicada por *alfa*, tiene  $316^{\circ} 10'$  de ascension recta, y  $4^{\circ} 23'$  de declinacion.

15. *Pegaso* ó el *Caballo mayor* contiene 91 estrellas, 3 de las cuales son de segunda magnitud. Hay dos importantes en sus alas, la primera *alfa*, llamada *Markab* tiene  $343^{\circ} 35'$  de ascension recta, y  $14^{\circ} 5'$  de declinacion; la segunda *beta*, llamada *Scheat Alfarrac*, tiene  $343^{\circ} 24'$  de ascension recta, y  $26^{\circ} 57'$  de declinacion. Belerofonte, hábil en manejar los caballos, habiendo hallado á



Pegaso, caballo con alas que del monte Parnaso habia volado á un campo cerca de Corinto, tuvo la maña de montarlo; pero queriendo llevarlo demasiado alto, fué sacudido á tal punto que cayó y Pegaso voló al cielo.

16. *Cefeo* tiene 53 estrellas las cuales 5 son de las mas brillantes. La de la espalda boreal de tercera magnitud, indicada por *alfa* se llama en árabe *Aderaimin*, y tiene  $318^{\circ} 23'$  de ascension recta, y  $61^{\circ} 42'$  de declinacion.

17. *Casiopea* contiene 60 estrellas, de las cuales 5 son de tercera magnitud. La del pecho de tercera magnitud, indicada por *alfa*, y llamada *Schedir* en árabe, tiene  $7^{\circ} 10'$  de ascension recta, y  $50^{\circ} 23'$  de declinacion. Segun dicen esta constelacion representa á Casiopea, madre de Andrómeda y muger de Cefeo, rey de Etiopia. Fué arrebatada al cielo y recostada vergonzosamente en una silla en burla de su pretension de sobrepujar á las ninfas en belleza.

En 1572 apareció una nueva estrella igual á *Vénus* en magnitud, que disminuyó hasta desaparecer en Marzo de 1574; al principio tenia  $55^{\circ} 45'$  y  $36^{\circ} 34'$  de longitud.

18. *Andrómada* se compone de 71 estrellas; la indicada por *alfa* en la cabeza, llamada *Alpharatz*, tiene  $359^{\circ} 23'$  de ascension recta, y  $27^{\circ} 56'$  de declinacion. Andrómada fué expuesta en una roca al furor de un mónstruo marino y arrancada al peligro por Perseo.

19. El *Triángulo boreal* tiene 13 estrellas; la indicada por *alfa* tiene  $25^{\circ} 17'$  de ascension recta, y  $28^{\circ} 33'$  de declinacion.

20. *Perseo* se compone de 65 estrellas, de las cuales hay una brillante indicada por *alfa* de segunda magnitud, bajo el pecho, llamada en árabe *El Genob*, tiene  $47^{\circ} 21'$  de ascension recta, y  $49^{\circ} 6'$  de declinacion. Era este Perseo nieto de Acrisio rey de Argos, é hijo de Danae y Júpiter. Fué colocado en el cielo por la proteccion de Minerva por haber vencido á Medusa y arrancado á Andrómada del furor del mónstruo marino, al cual habia expuesto su madre Casiopea.

21. El *Cochero* contiene 69 estrallas, de las cuales la brillante *alfa* de primera magnitud, llamada *Abhaiot*, ó la Cabra, tiene  $75^{\circ} 18'$  de ascension recta y  $45^{\circ} 46'$  de declinacion. Los dos cabritos forman con ella un triángulo isóceles agudo. Erictonio, rey de Atenas, fué el primero que hizo correr un carro con cuatro caballos de frente y por esta invencion lo colocó Júpiter en el cielo en que se conoce bajo el nombre de Cochero.

22. *Antino* se compone de 27 estrellas y de 7 informes, de que los modernos hacen un arco con la flecha que tienen en la mano.

La brillante *lambda* de tercera magnitud, tiene  $283^{\circ} 47'$  de ascension recta, y  $5^{\circ} 11'$  de declinacion. Antino, natural de *Chaudiopolis*, en Bitinia, era tan hermoso que su nombre, aún en el dia, es proverbial cuando se trata de hermosura.

23. *La cabellera de Berenice*, conocida en Beyer bajo el nombre de *Gavilla de trigo*, contiene 43 estrellas, una de las cuales de cuarta magnitud, indicada por *alfa* tiene  $184^{\circ} 11'$  de ascension recta, y  $29^{\circ} 6'$  de declinacion. La cabellera de Berenice, hermana y muger de Ptolomeo Evergetes, fué cambiada en constelacion llamada *coma Berenices*, por la adulacion de Conon, que aseguró haberla visto en el cielo, en que formaba una especie de triángulo.

## § III.

*Las 13 constelaciones boreales de los modernos, con sus principales estrellas.*

1. *El Leon menor* se compone de 55 estrellas; la de tercera magnitud, hácia la parte media del cuerpo, tiene  $156^{\circ} 41'$  de ascension recta, y  $37^{\circ} 4'$  de declinacion. Una de cuarta magnitud, en la boca, tiene  $140^{\circ} 20'$  de ascension recta, y  $37^{\circ} 20'$  de declinacion.

2. *Los lebreles* contienen 38 estrellas, de las cuales una de tercera magnitud llamada el *corazon de Carlos*, tiene  $191^{\circ} 33'$  de ascension recta, y  $39^{\circ} 27'$  de declinacion.

3. *El sestante de Hevelio* comprende 54 estrellas, una de las cuales de quinta magnitud, colocada en el cilindro, tiene  $141^{\circ} 31'$  de ascension recta, y  $7^{\circ} 47'$  de declinacion.

4. *El ramo de Cerbero*; este ramo, que se ha sustituido á Cerbero, contiene 13 estrellas una de las cuales de cuarta magnitud, tiene  $175^{\circ} 41'$  de ascension recta, y  $21^{\circ} 41'$  de declinacion.

5. *El Toro real de Poniatowsky* contiene 18 estrellas, 6 de las cuales son de cuarta magnitud, una designada por *eta* colocada en el ojo oriental, tiene  $267^{\circ} 30'$  de ascension recta, y  $4^{\circ} 30'$  de declinacion.

6. *El Zorro y la Oca* tienen 55 estrellas, una de las cuales de tercera magnitud, en la nariz del zorrero, tiene  $289^{\circ} 59'$  de ascension recta, y  $24^{\circ} 15'$  de declinacion.

7. *El Lagarto marino* se compone de 12 estrellas, una de las cuales de cuarta magnitud, tiene  $333^{\circ} 50'$  de ascension recta, y  $51^{\circ} 11'$  de declinacion.

8. *El Triángulo menor* se compone de cuatro estrellas de sexta magnitud, una de las cuales *beta*, tiene  $29^{\circ} 16'$  de ascension recta, y  $33^{\circ} 59'$  de declinacion.



9. *La Mosca ó el Lirio* contiene 5 estrellas, una de las cuales, de tercera magnitud, tiene  $35^{\circ} 51'$  de ascension recta, y  $28^{\circ} 22'$  de declinacion.

10. *El Rengifero* se compone de 12 estrellas, de las cuales 4 son de quinta magnitud, y 8 de sexta; una de cuarta magnitud en la cola, tiene  $1^{\circ} 33'$  de ascension recta, y  $84^{\circ} 26'$  de declinacion.

11. *El Messier ó el pastor Missium*, tiene 7 estrellas de las cuales 6 son de quinta magnitud, y 1 de sexta; 1 de quinta magnitud en la mano, tiene  $51^{\circ} 59' 35''$  de ascension recta, y  $70^{\circ} 39' 3''$  de declinacion, segun el catálogo de Hevelio, reducido al primero de Enero de 1790.

12. *La Girafa* se compone de 69 estrellas de las cuales una de cuarta magnitud entre los pies delanteros, tiene  $97^{\circ} 21'$  de ascension recta y  $78^{\circ} 48'$  de declinacion.

13. *El Lince* comprende 45 estrellas, de las cuales una de cuarta magnitud, situada en las ventanas de la nariz, tiene  $88^{\circ} 12'$  de ascension recta, y  $59^{\circ} 1'$  de declinacion.

## § IV.

Las 13 constelaciones boreales de los antiguos, con sus principales estrellas.

1. *La Ballena* ó el monstruo marino, contiene 112 estrellas una entre ellas, indicada por *alfa* muy brillante en la mandibula, de segunda magnitud, llamada en árabe *Menkarkantels*, tiene  $32^{\circ} 50'$  de ascension recta y  $3^{\circ} 15'$  de declinacion. Este monstruo fué enviado por Neptuno y fué muerto por Perseo.

2. *El Eridano* contiene 85 estrellas, una de ellas muy brillante, de primera magnitud designada por *alfa* llamada en árabe *Acharndhar*, tiene  $22^{\circ} 28'$  de ascension recta, y  $58^{\circ} 18'$  de declinacion. Faeton hijo del Sol y de Climena, obtuvo de su padre el permiso de conducir su carro durante un dia; pero su falta de maña habiendo causado el incendio de gran parte de la tierra, Júpiter disparóle un rayo que lo precipitó en el Eridano, y por esta razon este rio parece correr en el cielo.

3. *Orion* contiene 90 estrellas, de las cuales 2 son de primera magnitud, la del pie llamada *Rigel*, y designada *beta* tiene  $76^{\circ} 7'$  de ascension recta, y  $8^{\circ} 27'$  de declinacion. Orion era un gran cazador amigo de Diana. Celoso Apolo provocó á Diana á disparar á un objeto de color negro que salia del mar. Ha-

biendo disparado su flecha, esta diosa vió que habia atravesado á Orion. Para consolarla, los dioses colocaron en el cielo á esta desgraciada victima.

Compónese su cintura de 3 estrellas de segunda magnitud, conocida vulgarmente bajo el nombre de *Baston de Santiago* ó los *Tres Reyes*. Galileo observó en esta constelacion, por medio del telescopio mas de 500 estrellas.

4. *La Liebre* se compone de 20 estrellas, de las cuales una *beta* de tercera magnitud, tiene  $79^{\circ} 49'$  de ascension recta, y  $20^{\circ} 56'$  de declinacion. Este animal fué trasportado al cielo, porque Orion, amante de Diana, gustaba con aficion, como esta diosa, la caza de la liebre.

5. *El Perro menor* contiene 17 estrellas, de las cuales una brillante, *alfa*, de primera magnitud, llamada *Procyon*, tiene  $112^{\circ} 4'$  de ascension recta, y  $5^{\circ} 46'$  de declinacion. Los antiguos imaginaron que este perro habia sido colocado en el cielo con Erigone, hija de Icaro, á causa de gran dolor que habia manifestado por la muerte de Icaro su amo, á que habian dado la muerte ciertos rústicos ébrios y en desesperacion de la de su padre.

6. *El Perro mayor* contiene 54 estrellas, una de ellas *alfa*, que ignala á Júpiter en su perigeo, se halla en su boca, se llama *Siria*, y tiene  $98^{\circ} 58'$  de ascension recta, y  $16^{\circ} 26'$  de declinacion. Pretenden que este perro era el de Orion; otros pretenden que Aurora lo regaló á Ceteo. Este perro era tan ligero, que superaba á los demas en la carrera; pero dabiendo tuchar contra un zorro á que Júpiter habia dado una ligereza igual, fué arrebatado al cielo, temiendo que los hados no le fuesen desfavorables.

7. *El Buge* ó *Navio* contiene 117 estrellas, una de las cuales brillante *alfa*, de primera magnitud, llamada *Canopo*, tiene  $91^{\circ} 49'$  de ascension recta, y  $52^{\circ} 35'$  de declinacion. Quando los Argonautas que pasaron en Colchida volvieron con la conquista del vellocino de oro, consagraron á Neptuno el bajel en que habian ido, que llamaron *Argos*.

8. *La Hydra hembra* contiene 52 estrellas, de las cuales una brillante *alfa*, de segunda magnitud, llamada *Alphard* ó *corazon de la Hydra*, tiene  $139^{\circ} 49'$  de ascension recta, y  $7^{\circ} 35'$  de declinacion.

9. *La Copa* ó *Vaso* contiene 13 estrellas, una de las cuales *alfa* de cuarta magnitud tiene  $162^{\circ} 24'$  de ascension recta,  $17^{\circ} 11'$  de declinacion.

10. *El Cuervo* se compone de 10 estrellas, una de las *gamma*, de tercera magnitud, en el ala inferior, llamada *Algorab*, tiene  $181^{\circ} 16'$  de ascension recta,  $16^{\circ} 23'$  de declinacion. Estas tres cons-



telaciones son una misma fábula que contiene la misma alegoría. Refiérese que Apolo, queriendo hacer un sacrificio, dió una copa á un cuervo, para ir á buscar agua al parage que le indicó; que, tardando mucho el cuervo, le castigó Apolo dejando llena la copa y una hidra cerca para que le impidiese beber. Por este motivo se representa al cuervo dando de picotazos á la serpiente á causa de la sed que le hacia sufrir.

11. *El Centauro* contiene 43 estrellas, de las cuales 12 son de primera magnitud; la designada por *alfa* en el pié delantero tiene  $216^{\circ} 27'$  de ascension recta, y  $59^{\circ} 55'$  de declinacion. Chiron, hijo de Saturno y de Filra, que habitaba en la Tesalia, cerca del monte Pelion, fué escogido por Peleo, para ser ayo de Aquiles. Murió de una herida causada por una flecha de Hércules que le cayo en un pié, y los dioses lo trasportaron al cielo en el que es conocido bajo el nombre del Centauro.

12. *El Lobo* se compone de 34 estrellas una de ellas *delta* de tercera magnitud, en el pié posterior, tiene  $226^{\circ} 55'$  de ascension recta, y  $59^{\circ} 52'$  de declinacion. Dícese que Chiron inmoló este animal á los dioses que lo colocaron en el cielo.

13. *El Altar* tiene 8 estrellas, una de ellas de tercera magnitud, tiene  $258^{\circ} 35'$  de ascension recta y  $49^{\circ} 41'$  de declinacion. El altar es la obra de los Ciclopes en el que hicieron sacrificio los dioses, y juraron la liga que formaron contra los Titanes.

14. *La corona austral* contiene 12 estrellas, una de ellas de quinta magnitud, tiene  $233^{\circ} 44'$  de ascension recta, y  $51^{\circ} 53'$  de declinacion.

15. *El Pez austral* se compone de 32 estrellas; la mas brillante *alfa* de primera magnitud, llamada *Fomalhaut*, tiene  $141^{\circ} 30'$  de ascension recta, y  $30^{\circ} 44'$  de declinacion.

## § V.

Las 31 constelaciones australes de los modernos, con sus principales estrellas.

1. *El Hornillo químico* se compone de 39 estrellas, entre las cuales hay 1 de tercera magnitud, 3 de quinta, y 35 de sexta, de las cuales una *alfa* de tercera magnitud, tiene  $45^{\circ} 47'$  de ascension recta, y  $29^{\circ} 50'$  de declinacion.

2. *El Reloj ó Péndulo* tiene 24 estrellas de quinta y de sexta magnitud. La mas hermosa *alfa* de quinta magnitud, tiene  $61^{\circ} 46'$  de ascension recta, y  $42^{\circ} 49'$  de declinacion austral.

3. *La Reticula rombóidea* tiene 7 estrellas, de las cuales una

de tercera magnitud, *alfa*, tiene  $62^{\circ} 57'$  de ascension recta, y  $63^{\circ}$  de declinacion.

4. *El Buril del Gravador* tiene 15 estrellas, de las cuales 4 son de quinta magnitud, y 11 de sexta, y una de estas últimas *alfa*, de tercera magnitud, tiene  $67^{\circ} 22'$  de ascension recta,  $55^{\circ} 29'$  de declinacion.

5. *La Dorada* se compone de 6 estrellas, una de las cuales *alfa*, de tercera magnitud, tiene  $67^{\circ} 22'$  de ascension recta, y  $55^{\circ} 29'$  de declinacion.

6. *La Paloma* tiene 37 estrellas, de las cuales una *alfa*, de segunda magnitud, tiene  $83^{\circ} 1'$  de ascension recta, y  $34^{\circ} 12'$  de declinacion.

7. *El Caballete del Pintor* tiene 4 estrellas, una de ellas de cuarta magnitud, y 2 de sexta, una *alfa*, de tercera magnitud, tiene  $101^{\circ} 31'$  de ascension recta, y  $61^{\circ} 43'$  de declinacion.

8. *El Unicornio de Hevelio* tiene 31 estrellas, la del vientre de cuarta magnitud tiene  $112^{\circ} 48'$  de ascension recta, y  $9^{\circ} 4'$  de declinacion.

9. *La Brijula* tiene 14 estrellas 3 de quinta magnitud, y 6 de sexta, la mas hermosa *beta*, de quinta magnitud, tiene  $127^{\circ} 55'$  de ascension recta, y  $34^{\circ} 34'$  de declinacion austral.

10. *La Máquina pneumática* tiene 22 estrellas, de las cuales 2 son de quinta y 20 de sexta magnitud, la mas hermosa *alfa*, de quinta magnitud; tiene  $154^{\circ} 23'$  de ascension recta, y  $30^{\circ}$  de declinacion austral.

11. *El Solitario* (Ave de Indias) contiene 22 estrellas de sexta, séptima octava y nona magnitud, excepto *gamma*, del Escorpion, segun los mapas de Bayer, que es de tercera magnitud, y que ha añadido M. Mounier. Tiene esta estrella  $222^{\circ} 57' 15''$  de ascension recta, y  $24^{\circ} 27'$  de declinacion austral.

12. *La Cruz Austral* contiene 6 estrellas, que se hallan en los piés traseros del Centauro, de las cuales la indicada por *alfa*, de primera magnitud, tiene  $183^{\circ} 46'$  de ascension recta y  $61^{\circ} 56'$  de declinacion.

13. *La Mosca ó la Abeja* tiene 4 estrellas de quinta magnitud, una de ellas *beta*, tiene  $188^{\circ} 24'$  de ascension recta, y  $66^{\circ} 57'$  de declinacion.

14. *El Camaleon* contiene 7 estrellas de quinta magnitud, y una de ellas *delta*, en el lomo, tiene  $160^{\circ} 56'$  de ascension recta y  $79^{\circ} 26'$  de declinacion.

15. *El Pez Volador* contiene 6 estrellas, la de la cola de quinta magnitud, llamada *alfa*, tiene  $134^{\circ} 47'$  de ascension recta, y  $65^{\circ} 34'$  de declinacion.



16. *El Telescopio* tiene 8 estrellas, de las cuales 3 son de cuarta, 4 de quinta y 1 de sexta magnitud, una *alfa*, de cuarta magnitud, tiene  $272^{\circ} 51'$  de ascension recta, y  $46^{\circ} 41'$  de declinacion.

17. *La Regla y la Escuadra* tiene 15 estrellas de quinta y de sexta magnitud, la mas hermosa *alfa* de quinta magnitud, tiene  $244^{\circ} 25'$  de ascension recta, y  $34^{\circ} 14'$  de declinacion austral.

18. *El Compás* tiene 2 estrellas, una de cuarta y otra de quinta magnitud; una de ellas *alfa*, de cuarta magnitud, tiene  $216^{\circ}$  de ascension, y  $64^{\circ} 3'$  de declinacion.

19. *El Triángulo austral* tiene 5 estrellas, una de ellas *gamma*, de segunda magnitud, tiene  $224^{\circ} 54'$  de ascension recta, y  $67^{\circ} 53'$  de declinacion.

30. *El ave del Paraiso* contiene 4 estrellas, 3 de quinta magnitud, y una de sexta; una de quinta tiene  $215^{\circ} 7'$  de ascension recta, y  $77^{\circ} 47'$  de declinacion.

21. *La Montaña de la Tabla* tiene 6 estrellas, de las cuales 4 son de quinta y 2 de sexta magnitud; una de sexta tiene  $68^{\circ} 11'$  de ascension recta, y  $80^{\circ} 41'$  de declinacion.

22. *El Escudo de Sobieski* contiene 16 estrellas de las cuales 4 son de cuarta magnitud; una *m*, en la rama menor, tiene  $275^{\circ} 47'$  de ascension recta, y  $8^{\circ} 23'$  de declinacion.

23. *El Indio* se compone de 4 estrellas, de las cuales una *alfa*, de tercera magnitud, en la cabeza tiene  $305^{\circ} 41'$  de ascension recta, y  $48^{\circ} 1'$  de declinacion.

24. *El Pavo real* se compone de 11 estrellas, una de ellas *alfa*, de segunda magnitud, en la cabeza, tiene  $302^{\circ} 14'$  de ascension recta, y  $57^{\circ} 23'$  de declinacion.

25. *El Octante* contiene 7 estrellas, 6 de quinta y una de sexta magnitud, una de las cuales *epsilon* de cuarta magnitud, tiene  $141^{\circ} 3'$  de ascension, y  $84^{\circ} 48'$  de declinacion.

26. *El Microscopio* tiene 8 estrellas, una de quinta, y 7 de sexta magnitud, entre las cuales una de quinta tiene  $309^{\circ} 12'$  de ascension recta, y  $34^{\circ} 22'$  de declinacion.

27. *La Grulla* tiene 12 estrellas, y una de ellas *alpha* en el vientre, de segunda magnitud, tiene  $328^{\circ} 44'$  de ascension recta, y  $47^{\circ} 58'$  de declinacion.

28. *El Tucan* tiene 11 estrellas, y una *alfa* de tercera magnitud, tiene  $33^{\circ}$  de ascension recta, y  $61^{\circ} 18'$  de declinacion.

29. *La Hidra macho* contiene 8 estrellas, y una *beta* de tercera magnitud, á  $3^{\circ} 30'$  de ascension recta,  $78^{\circ} 26'$  de declinacion.

30. *El Taller del Escultor* se compone de 23 estrellas, de las cuales 5 son de quinta magnitud, y 23 de sexta; la mas hermosa

*alfa* de quinta magnitud tiene  $12^{\circ} 8'$  de ascension recta, y  $30'$  de declinacion austral.

31. *El Fenix* contiene 11 estrellas, y una de ellas de segunda magnitud, en el cuello, tiene  $30^{\circ} 58'$  de ascension recta, y  $43^{\circ} 27'$  de declinacion.

## DE LA VIA LACTEA.

Llámase *Via lactea* una zona ó faja celeste, que parece mas luminosa que lo demas del cielo, y que le rodea como una zona de muchos grados, como si formase un gran círculo, á  $35^{\circ}$  de distancia de los polos. Segun los antiguos, el origen de esta via lactea parece de que Juno, dando de mamar al niño Hércules, la mordió este con tanta fuerza que lo arrojó en este parage perdiendo gran parte de su leche. Otros pretenden que este era el camino que seguian los dioses para ir al palacio de Júpiter; otros que era la senda por la que Faeton habia conducido el carro del sol, y que tuvo cuidado de señalar por un gran rastro de cenizas; por último, otros decian que á este lugar iban á parar las almas de los héroes. En el dia se la conoce vulgarmente bajo el nombre de *Camino de Santiago*.

Esta blancura pulverulenta procedé únicamente de una cantidad innumerable de estrellas fijas, muy pequeñas, de que está poblada esta parte del cielo, y que no alcanza á distinguir la simple vista.

## CAPITULO VI.

## USOS DEL GLOBO TERRESTRE.

## USO I.

*Reducir las horas y minutos de hora en grados y minutos del ecuador.*

Sabiendo que una hora corresponde á  $15^{\circ}$  y  $1'$  á  $15'$  de grado, si se quieren reducir 9 horas y 7 minutos de hora en grados y minutos del ecuador, multiplicad las 9 por  $15^{\circ}$  resultarán  $135^{\circ}$  y los 7 minutos multiplicados por  $15'$  darán  $105'$  ó  $1^{\circ} 45'$ ; el total será  $136^{\circ} 54'$ , que corresponden á 9 horas y 7 minutos de hora.

## USO II.

*Reducir los grados y minutos del ecuador en horas y minutos de hora.*

Un grado del ecuador corresponde á 4 minutos de hora y un



16. *El Telescopio* tiene 8 estrellas, de las cuales 3 son de cuarta, 4 de quinta y 1 de sexta magnitud, una *alfa*, de cuarta magnitud, tiene  $272^{\circ} 51'$  de ascension recta, y  $46^{\circ} 41'$  de declinacion.

17. *La Regla y la Escuadra* tiene 15 estrellas de quinta y de sexta magnitud, la mas hermosa *alfa* de quinta magnitud, tiene  $244^{\circ} 25'$  de ascension recta, y  $34^{\circ} 14'$  de declinacion austral.

18. *El Compás* tiene 2 estrellas, una de cuarta y otra de quinta magnitud; una de ellas *alfa*, de cuarta magnitud, tiene  $216^{\circ}$  de ascension, y  $64^{\circ} 3'$  de declinacion.

19. *El Triángulo austral* tiene 5 estrellas, una de ellas *gamma*, de segunda magnitud, tiene  $224^{\circ} 54'$  de ascension recta, y  $67^{\circ} 53'$  de declinacion.

30. *El ave del Paraiso* contiene 4 estrellas, 3 de quinta magnitud, y una de sexta; una de quinta tiene  $215^{\circ} 7'$  de ascension recta, y  $77^{\circ} 47'$  de declinacion.

21. *La Montaña de la Tabla* tiene 6 estrellas, de las cuales 4 son de quinta y 2 de sexta magnitud; una de sexta tiene  $68^{\circ} 11'$  de ascension recta, y  $80^{\circ} 41'$  de declinacion.

22. *El Escudo de Sobieski* contiene 16 estrellas de las cuales 4 son de cuarta magnitud; una *m*, en la rama menor, tiene  $275^{\circ} 47'$  de ascension recta, y  $8^{\circ} 23'$  de declinacion.

23. *El Indio* se compone de 4 estrellas, de las cuales una *alfa*, de tercera magnitud, en la cabeza tiene  $305^{\circ} 41'$  de ascension recta, y  $48^{\circ} 1'$  de declinacion.

24. *El Pavo real* se compone de 11 estrellas, una de ellas *alfa*, de segunda magnitud, en la cabeza, tiene  $302^{\circ} 14'$  de ascension recta, y  $57^{\circ} 23'$  de declinacion.

25. *El Octante* contiene 7 estrellas, 6 de quinta y una de sexta magnitud, una de las cuales *epsilon* de cuarta magnitud, tiene  $141^{\circ} 3'$  de ascension, y  $84^{\circ} 48'$  de declinacion.

26. *El Microscopio* tiene 8 estrellas, una de quinta, y 7 de sexta magnitud, entre las cuales una de quinta tiene  $309^{\circ} 12'$  de ascension recta, y  $34^{\circ} 22'$  de declinacion.

27. *La Grulla* tiene 12 estrellas, y una de ellas *alpha* en el vientre, de segunda magnitud, tiene  $328^{\circ} 44'$  de ascension recta, y  $47^{\circ} 58'$  de declinacion.

28. *El Tucan* tiene 11 estrellas, y una *alfa* de tercera magnitud, tiene  $33^{\circ}$  de ascension recta, y  $61^{\circ} 18'$  de declinacion.

29. *La Hidra macho* contiene 8 estrellas, y una *beta* de tercera magnitud, á  $3^{\circ} 30'$  de ascension recta,  $78^{\circ} 26'$  de declinacion.

30. *El Taller del Escultor* se compone de 23 estrellas, de las cuales 5 son de quinta magnitud, y 23 de sexta; la mas hermosa

*alfa* de quinta magnitud tiene  $12^{\circ} 8'$  de ascension recta, y  $30'$  de declinacion austral.

31. *El Fenix* contiene 11 estrellas, y una de ellas de segunda magnitud, en el cuello, tiene  $30^{\circ} 58'$  de ascension recta, y  $43^{\circ} 27'$  de declinacion.

## DE LA VIA LACTEA.

Llámase *Via lactea* una zona ó faja celeste, que parece mas luminosa que lo demas del cielo, y que le rodea como una zona de muchos grados, como si formase un gran círculo, á  $35^{\circ}$  de distancia de los polos. Segun los antiguos, el origen de esta via lactea parece de que Juno, dando de mamar al niño Hércules, la mordió este con tanta fuerza que lo arrojó en este parage perdiendo gran parte de su leche. Otros pretenden que este era el camino que seguian los dioses para ir al palacio de Júpiter; otros que era la senda por la que Faeton habia conducido el carro del sol, y que tuvo cuidado de señalar por un gran rastro de cenizas; por último, otros decian que á este lugar iban á parar las almas de los héroes. En el dia se la conoce vulgarmente bajo el nombre de *Camino de Santiago*.

Esta blancura pulverulenta procede únicamente de una cantidad innumerable de estrellas fijas, muy pequeñas, de que está poblada esta parte del cielo, y que no alcanza á distinguir la simple vista.

## CAPITULO VI.

## USOS DEL GLOBO TERRESTRE.

## USO I.

*Reducir las horas y minutos de hora en grados y minutos del ecuador.*

Sabiendo que una hora corresponde á  $15^{\circ}$  y  $1'$  á  $15'$  de grado, si se quieren reducir 9 horas y 7 minutos de hora en grados y minutos del ecuador, multiplicad las 9 por  $15^{\circ}$  resultarán  $135^{\circ}$  y los 7 minutos multiplicados por  $15'$  darán  $105'$  ó  $1^{\circ} 45'$ ; el total será  $136^{\circ} 54'$ , que corresponden á 9 horas y 7 minutos de hora.

## USO II.

*Reducir los grados y minutos del ecuador en horas y minutos de hora.*

Un grado del ecuador corresponde á 4 minutos de hora y un



minuto de grado á 4 segundos de hora; así para reducir  $32^{\circ} 13'$  en horas y en minutos de hora, multiplíquense  $32^{\circ}$  por 4, y resultarán  $128^{\circ}$  de hora; de la misma manera, multiplíquense también los  $13'$  de grado por 4, y resultarán  $52''$  de hora; dividido el total por  $60'$ , da 2 horas, 8 minutos 52 segundos, que corresponden á  $32^{\circ} 13'$  del ecuador.

## USO III.

*Hallar la longitud y latitud de un lugar.*

La longitud de un lugar es su distancia en grados contados en el ecuador desde el primer meridiano, y su latitud la distancia en grados contada desde el ecuador en el meridiano, de lo que resulta que la altura del polo es igual al meridiano. Para hallar estas distancias, colóquese el lugar propuesto bajo el meridiano, véase en el meridiano el grado de latitud que se busca, y el grado del ecuador que se halla bajo el meridiano, al mismo tiempo que ese lugar indica la longitud; procediendo así podrá observarse que París se halla á  $49^{\circ}$  de latitud y  $26^{\circ}$  de longitud. Este meridiano es entónces el de París, y responde á todos los países en los cuales son las doce del día y de la noche al mismo tiempo que en París; las doce del día ó mediodía si se halla el sol sobre el horizonte; las doce de la noche ó media noche si se halla el sol bajo el horizonte. El primer meridiano que sirve de punto de partida es de mera convencion, ó, en otros términos, es meramente arbitrario. Las longitudes se han llamado así porque cuando los geógrafos establecieron sus medidas, era mayor de occidente á oriente que de mediodía á norte. Por una declaración del 25 de Abril del año de 1634, fijóse, en Francia, el primer meridiano en la estremidad de la isla de Hierro, la mas occidental de las Canárias. La población principal de esta se halla á  $19^{\circ} 53' 45''$  al occidente de París. Pero de l'Ile, célebre geógrafo, habiendo supuesto que París se hallaba á  $20^{\circ}$  cuenta redonda, su ejemplo fué seguido por los demas geógrafos franceses; así en casi todos los mapas se establece el meridiano universal á  $20^{\circ}$  del meridiano de París, del lado de occidente, y se cuentan las longitudes hácia el oriente, hasta  $360^{\circ}$  dando la vuelta al globo. Los astrónomos franceses han establecido su meridiano universal en el Observatorio de París, que dista  $20^{\circ}$  de la isla de Hierro; de modo que París se halla á cero; y se distingue la longitud en oriental ú occidental, segun se halle la distancia al este ó al oeste del punto de partida. En los globos, cada uno de los hemisferios abraza  $180^{\circ}$ .

Obsérvese que, en un país en que jamas se pone el sol, se puede llamar media noche la hora del paso por el meridiano bajo del polo. Los dos polos son los solos parages en que jamas es medio día ni media noche; así es que no pueden, en ellos, contarse las horas, sino solo los meses y años.

## USO IV.

*Hallar la diferencia de longitud y latitud entre dos lugares propuestos.*

Si se quiere saber, por ejemplo, la diferencia de longitud entre París y Jerusalem, sustráigase de la longitud de esta última ciudad la de París que es la menor, siendo ménos oriental; el residuo será la diferencia de su longitud; el mismo proceder hay que emplear con respecto á la latitud, la menor debe sustraerse de la mayor.

## USO V.

*Hallar 1<sup>o</sup> todos los lugares de la tierra que tienen la misma longitud.  
2<sup>o</sup> todos los lugares que tienen la misma latitud.*

Colocado París bajo el meridiano, y en su latitud, obsérvese los demas lugares que se encuentran bajo este meridiano: estos lugares tendrán la misma longitud. Volviendo el globo hácia el oriente ó hácia el occidente, obsérvense todos los lugares que pasan sucesivamente bajo el punto del meridiano  $49^{\circ}$  latitud de París; veráse todos los lugares que tienen la misma latitud, y por consiguiente la misma temperatura; si se fija un lapiz en este punto, se trazaria en el globo el paralelo de París, en que están los lugares que se buscan.

Todos los lugares situados á  $45^{\circ}$  se hallan á igual distancia del ecuador y los polos, pues no hay mas que  $90^{\circ}$  entre el ecuador y los polos en que fenecen todas las latitudes. Tal es la posición de Burdeos, Aurillac, del Puy, de Brianzon, de Turin, de Casal, de Pasencia, de Mantua, de Rovigo y de las Bocas-del-Po; en Asia, de Astracan, etc., etc.

## USO VI.

*Hallar la extension del día y de la noche en una latitud y día dados.*

Llevado el polo á la latitud de París, búsqese, en la eclíp-



tica el lugar del sol que corresponda al día propuesto: colóquese este lugar en el horizonte oriental, y el estilo horario en las 12; dése vuelta al globo hasta que se halle el sol en el horizonte occidental; entónces el estilo indicará, por el número de horas recorridas, cual es la extensión del día; y esta extensión sustraída de 24 horas será la extensión de la noche. Por ejemplo, hallándose el sol en el primer grado de Sagitario el 23 de Noviembre, el estilo señala las 9 y 15 minutos duración que, sustraída de 24 horas da 14 horas y 15 minutos en París. Si el lugar de que se trata se halla en el hemisferio austral, entónces se alzarà sobre el horizonte el polo antártico ó del sud.

## USO VII.

*Hallar de cuanto más pronto que otro lugar es mediodía en un lugar dado.*

Búsquese la diferencia de longitud de los lugares propuestos, y hallarásese, por ejemplo, que en Lisboa, en Portugal, es mediodía de 45' 55" más tarde que en París, porque esta ciudad es más occidental que París de  $11^{\circ} 28' 45''$  los cuales reducidos á tiempo dan 45' 55" de hora.

## USO VIII.

*Hallar qué hora es en una ciudad cuando son las 9 en otras.*

Póngase la ciudad en que son las 9 bajo el meridiano, y el estilo horario en esta hora del lado del oriente; vuélvase el globo hasta que el lugar buscado se halla bajo el meridiano; mírese la hora indicada por el estilo; de este modo hallarásese que cuando son, por ejemplo, las 9 en París, son las 9 40 minutos en Roma, y las 11 y 12 minutos en Jerusalen.

Todas las ciudades del Asia esceden también á la hora de París; pero las que están situadas al occidente, como las ciudades de América, cuentan menos: cuando en París es medio día, son las 5 y 10 minutos de la mañana en México, y ya son las 7 y 36 minutos de la tarde en Pekin.

## USO IX.

*Hallar de cuanto escede el día más largo del verano en una ciudad al de otra.*

Sean, por ejemplo, París y Estocolmo, capital de Suecia. Opérese

como en el uso VII. Colóquese el solsticio de estío, primer grado de Cáncer, en el horizonte oriental, y el estilo horario á las 12; dése vuelta al globo hasta que haya llegado este grado al horizonte occidental, y el estilo indicará que el más largo día de estío en París es de 16 horas. Si se pone después Estocolmo en su latitud de  $59^{\circ} 20'$  por el mismo proceder, indicará el estilo 18 horas y 15 minutos: luego el día más largo de verano en Estocolmo, es de 2 horas 15 minutos más largo que en París. Pero cuando el sol se halla en el solsticio de Capricornio, la noche más larga en París es de 16 horas, en Estocolmo de 18 horas y 15 minutos, y su día más corto de 18 horas y 45 minutos.

## USO X.

*Conocer la distancia de un lugar á otro.*

Mídase con un compás la distancia de dos lugares propuestos, y llévase al ecuador esta abertura de compás; cuéntense los grados que contiene á 25 leguas por grados, y por este medio conocerásese, en leguas, la distancia que se pide; ó bien colóquese el primer grado del vertical en una de las ciudades, y condúzcase este mismo vertical á la otra ciudad, el número de grados comprendido en el intervalo, indicará la distancia en grados. Por este medio sabrásese que la distancia de París á Constantinopla es de  $20^{\circ}$  del ecuador que son 500 leguas comunes de Francia y la de París á Ispahan de  $43^{\circ}$ , esto es, de 1,075 leguas comunes.

## USO XI.

*Conocer los diferentes habitantes del globo á los cuales la diferencia de sombras meridianas ha hecho dar nombres diferentes.*

Llámanse estos habitantes *Periscios*, *Anfiscios*, *Ascios*, divididos en *Ascio-Anfiscios*, y *Ascio-Heteroscios*, *Antipodas-Aotecios*, *periscios*.

Los *Periscios* son aquellos cuyas sombras dan vuelta en 24 horas hácia todos los puntos del horizonte; estos son los habitantes de las zonas glaciales; para ellos jamás se pone el sol, durante cierto tiempo del año en el solsticio de verano: cuando este astro es del lado de medio día, van las sombras al norte, y cuando se haya del lado del norte, bajo el polo, proyecta la sombra hácia el mediodía.

Los *Anfiscios* son los habitantes de la zona tórrida, cuya sombra, al medio día, se dirige unas veces al norte y otras veces al



sud: al sud si el sol se halla hácia el norte, al norte si se halla al sud.

Los *Ascios* son los pueblos que, colocados en los mismos trópicos, no tienen ninguna sombra al medio dia, en uno ó dos dias del año, hallándose entónces el sol en su zenit. Varenio los distingue en *Ascio Anfcios*, para los cuales la sombra se extiende á veces hácia al norte, y á veces hácia el sud, y desaparece dos veces al año hallándose entónces el sol en el zenit: y en *Ascio-Heteroscios*, cuyas sombras se hallan siempre del mismo lado, y desaparecen solamente una vez, que es el dia en que el sol llega en el trópico bajo el cual se hallan situados estos pueblos, esto es, en las zonas templadas. Durante todo el año, el sol se halla mas al sud de los que se hallan bajo la zona templada del norte, y mas al norte de la zona templada del sud; así, la sombra, á medio dia se dirige al norte en la una, y al sud en la otra, y por esta razon, en nuestras regiones, la sombra vertical se dirige siempre hácia el norte, porque se halla siempre opuesta al sol que está del lado del sur.

Los *Antipodas* son los que habitan lugares diametralmente opuestos y distantes uno de otro de todo el diámetro de la tierra. Los antipodas tienen el mismo plano en el horizonte el uno vé la faz superior y el otro la superficie interior de este plano; puede decirse que tienen un horizonte comun, pero todo lo demas opuesto: el dia y la noche y sus diferencias, la primavera, el verano, el otoño, y el invierno, las alturas meridianas; pues si para uno se halla elevado el polo ártico, el polo antártico se halla de igual cantidad elevado para los otros sobre el horizonte comun si dos antipodas se vuelven hácia el ecuador, el uno ve salir los astros á su derecha y el otro los ve salir á su izquierda. Los antiguos no podian persuadirse que hubiese antipodas y esta opinion fué juzgada heregia antiguamente por el cristianismo; pero el descubrimiento del Nuevo Mundo, que ha dado ocasion de dar mas de una vez la vuelta al mundo disipa toda duda en este punto.

Los *Antecios* son los que sin hallarse diametralmente opuestos ocupan el mismo semi-círculo meridiano, si bien unos al sur y otros al norte del ecuador, y á distancias ó latitudes iguales. Tienen las doce y demas horas al mismo tiempo; pero el invierno de uno tiene lugar al mismo tiempo que el verano de los otros, y cuando para los unos aumentan los dias, menguan para los otros, en una palabra el polo que se halla levantado para los unos se halla bajado de igual cantidad para los otros. Cuando dos antecios miran al sol á mediodia, tienen la cara opuesta uno á otro,

á menos que el sol no se halle mas distante del ecuador que uno de ellos.

Los *Periecios* son los que habitan el mismo paralelo, si bien en puntos opuestos de modo que cuando es mediodia para unos, es media noche para los otros; pero hallándose del mismo lado del ecuador, tienen las mismas estaciones y el mismo tiempo. En el dia del equinoccio, sale el sol para uno al mismo tiempo que se pone para el otro. Los astros salen en el mismo punto y á la misma distancia de la meridiana, y permanecen bajo el horizonte el mismo tiempo. Cuando el sol se halla hácia el polo elevado, esto es, durante la primavera y el verano, sale para el uno antes de ponerse para el otro; de modo que hay un intervalo, durante el cual los dos periecios ven el sol al mismo tiempo. Al contrario, durante el otoño y el invierno, hay una porcion de la noche comun á ambos, esto es, el tiempo en que ni uno ni otro ven el sol; por último, tienen todas las propiedades de la misma latitud, sea meridional sea septentrional.

Resulta que los antecios tienen las mismas horas y las estaciones contrarias; los periecios tienen las mismas estaciones y las horas contrarias. Los antipodas de Paris son los periecios de sus antecios, y ellos son antecios con respecto á los periecios de Paris.

## USO XII.

*Hallar, por medio del globo, los antecios periecios y antipodas de un lugar dado como Paris.*

Para hallar en el globo la situacion de estos pueblos, colóquese el lugar dado en el meridiano; como Paris se halla en el hemisferio septentrional á 49° de latitud, cuéntense en el hemisferio meridional tantos grados desde el ecuador, como hay desde el mismo círculo hasta Paris; el grado 49 será el lugar de los antecios, y podrán verse al suroeste del cabo de Buena Esperanza en las tierras australes.

Para hallar los periecios, quedando Paris en el meridiano, póngase el estilo horario á las 12 ó mediodia; vuélvase el globo hasta que el estilo haya llegado á las 12 ó media noche en la parte inferior del círculo, repárese el lugar que se encuentra bajo el meridiano en el parage del zenit; veráse un grupo de islas al suroeste de Kamtschatka, estremidad oriental del Asia; allá están los periecios de Paris.

Para hallar los antipodas, póngase á Paris en el horizonte bajo el meridiano, repárese el lugar diametralmente opuesto que se halla en el horizonte bajo el mismo meridiano, y se verá que los



antípodas de Paris y de toda la Europa están en la mar del sur, en las cercanías de la Nueva Zelanda, una de las tierras australes, que apenas se conocía antes de los viajes del mundo de Bougainville, de Banks, de Solander, y aun mas conocida despues de los tres viajes del célebre capitán Cook. veráse que la ciudad de Lima en el Perú es, á corta diferencia, antípoda de la de Siam en las Indias; que Buenos Ayres en América, es antípoda de Pekin, capital de la China: que la España tiene sus antípodas en la Nueva Zelanda.

## USO XIII.

*Disponer el globo como se halla en el tiempo de los equinoccios, disposicion llamada vulgarmente esfera recta.*

Colóquense los dos polos en el horizonte que se puede llamar horizonte del sol; póngase la chapa del vertical que representa el sol en el zenit, dése la vuelta al globo de occidente á oriente, y se verá que, durante una revolucion diurna, la tierra presenta su ecuador del rayo central del sol, y por consiguiente los pueblos que habitan al rededor de este círculo, tienen sucesivamente á mediodia cada uno el sol en su zenit; y, como en esta posicion, el ecuador y todos los círculos paralelos ó círculos de latitud se hallan cortados en dos partes iguales por el horizonte, es evidente que todos los habitantes del globo tienen el dia igual á la noche, esto es, 12 horas de dia y 12 horas de noche; lo que sucede dos veces al año: el 21 de Marzo y el 22 de Setiembre, dias de los equinoccios.

## USO XIV.

*Disponer el globo segun la declinacion, y conocer los lugares de la tierra, en que pasa el rayo central del sol, en un dia propuesto como el 10 de Abril.*

Búsquese, en el horizonte, en el círculo de los meses, á qué grado de signo corresponde el 10 de Abril, este grado es el ve-gésimo de aries; contúzcase este grado bajo el meridiano, cuéntense los grados del meridiano comprendidos entre el ecuador y este grado, y hallaráse qua la declinacion indicada en la eclíptica, es de  $7^{\circ} 57'$  septentrional; elévese el polo ártico de un mismo número en el horizonte; póngase despues la chapa en el vertical que representa el sol, en el zenit, y se encontrará á hora semejante de declinacion septentrional; entónces el rayo central

del sol describirá en la superficie del globo un paralelo distante de ecuador de  $7^{\circ} 57'$ , en la parte septentrional, y los pueblos, que habitan al rededor de este paralelo tendrán cada uno, á mediodia, sucesivamente el sol en su zenit.

*Observaciones.* I. Si la declinacion del sol es meridional, es preciso levantar sobre el horizonte el polo meridional.

II. Dispuesto así el globo (\*), se ve que el horizonte corta todos los paralelos en dos partes desiguales, excepto el ecuador; que los mayores arcos, que se hallan encima del horizonte, están en la parte septentrional, y que, por esta razon, los pueblos que esta parte habitan, tienen los dias mas largos que las noches.

III. Conoceráse la extension de los dias de cada paralelo, contando el número de sus grados indicados en el horizonte, á razon de  $15^{\circ}$  por hora, y de  $15'$  de grado por cada minuto de hora.

IV. Si se practica este uso para el tiempo de los solsticios, tiempo de la mayor declinacion del sol, se verá que el círculo polar ártico se halla enteramente sobre el horizonte; y que los pueblos, que bajo este círculo habitan, tienen un dia de 24 horas, mientras que los que habitan el círculo polar antártico tienen una noche de 24 horas.

V. En esta posicion del globo, para conocer el mayor dia de un lugar, basta levantar el polo segun la altura que le conviene, y contar el número de grados del trópico que describe el sol en este dia, y el número de grados de este trópico que se hallan encima del horizonte reducido á tiempo, hará conocer el mayor dia del año.

VI. De lo que se dice aquí del dia, débese concluir lo mismo con respecto de la noche, tomando por medida de la noche el complemento á 24 horas de lo que se ha hallado para la medida del dia.

## USO XV.

*Hallar la altura aparente del sol en el horizonte á mediodia, y cualquiera otra hora del dia, en un lugar propuesto, en un dia dado; por ejemplo, en Paris, el 10 de Abril á mediodia.*

Tómese la declinacion que es de  $7^{\circ} 57'$ , como en el uso precedente; colóquese Paris bajo su meridiano y en su latitud; cuéntense

[\*] Para operar con mas facilidad, se adapta bajo el meridiano de cobre el círculo horario, de modo que gire el globo de polo á polo, sin que el meridiano salga de las muescas del horizonte.



tese el número de grados desde esta ciudad al astro; en complemento á  $90^\circ$ , que es  $49^\circ$ , será el número de grados de la altura del sol á mediodía sobre el horizonte.

Si se quiere saber la altura del sol en el mismo lugar, á las 10 de la mañana, póngase bajo el meridiano el vigésimo de aries, y el estilo á las 12; vuélvase el globo hácia el oriente, hasta que el estilo indique las 10; estando en el zenit la chapa del vertical, el arco comprendido entre este lugar y el horizonte, será la altura aparente del sol á las 10 de la mañana, el 10 de Abril; y hallarse que este arco es de  $41^\circ$ .

## USO XVI.

*Hallar los lugares de la tierra que pueden tener el sol en su zenit, y conocer los días en que puede tener este lugar.*

Todos los lugares que tienen menos de  $25^\circ 28'$  de latitud (mayor declinacion), tienen el sol verticalmente dos veces al año. Así tomando á voluntad un lugar que tenga una latitud menor, por ejemplo, Mexico, ciudad de la América septentrional, la tabla indica la latitud de  $19^\circ 25' 55''$ ; póngase Mexico en su latitud bajo el meridiano; dése vuelta al globo, y véase cuales son los dos puntos de la eclíptica que pasan en el mismo parage del meridiano; los días en que el sol está en uno de estos puntos, son aquellos en que se muestra en el zenit en el punto de mediodía; uno de estos días precede y el otro sigue el solsticio de verano, la declinacion del sol siendo en estos dos días igual á la latitud del lugar.

Por el mismo proceder hallarse qual es el lugar del sol en el zenit que corresponde á cada día del año; pues habiendo puesto bajo el meridiano el punto de la eclíptica en que se halla el sol en el día en cuestion, se verá su declinacion; y teniendo todos los lugares una latitud igual á esta declinacion; tendrán al sol vertical durante el curso del día, y todos los puntos de la tierra que pasarán bajo el punto del meridiano, al cual respondia el lugar del sol pasando por este meridiano, son los puntos que se buscan.

## USO XVII.

*Hallar, en cada día del año, cuales son los países en que jamas se pone el sol,*

Repárese el punto de la eclíptica en que está el sol en el día

dado, y la declinacion de este punto será el complemento á  $90^\circ$  de latitud de los países buscados. Por ejemplo, el 11 de Mayo que corresponde al 21 de tauro, tiene el sol  $18^\circ$  de declinacion, y los países que tienen  $72^\circ$  de latitud, ven el centro de este astro rozar el horizonte. En efecto, estando el sol á  $18^\circ$  del ecuador, se halla á  $72^\circ$  del polo, esto es, tan distante del polo, cuanto se ha levantado el polo sobre el horizonte; luego á media noche, debe hallarse bajo el polo y en el mismo horizonte. Todos los días siguientes, quedará sobre el horizonte, y no se volverá á poner hasta el primero de Agosto, pues se alejará cada vez mas del ecuador, y volverá á frotar el horizonte de ese lugar acercándose del ecuador. Por la misma razon, el primer día en que el sol tiene una declinacion austral igual á  $18^\circ$ , ó al complemento de la latitud boreal de los mismos países, no vuelve á salir, y es el último día en que se muestra sobre el horizonte; lo que sucede mas allá de los  $66^\circ 30'$  de latitud, cerca del solsticio de invierno; pero tambien se ve al sol durante las 21 horas enteras del solsticio de verano.

El 13 de Noviembre desaparece el sol hasta el 28 de Enero siguiente, y entónces comienza el centro de este astro á mostrarse en el horizonte á mediodía, habiendo llegado á  $18^\circ$  de declinacion austral ó meridional.

## USO XVIII.

*Conocer el número de los días en que se halla el sol en el horizonte en los países situados en la zona glacial desde  $66^\circ 30'$  de latitud hasta el polo.*

Los países situados en esta zona, la tienen el sol sobre el horizonte durante un número de días que aumenta con la latitud. Para conocer este número en cada latitud, levántese el polo de la cantidad que á esta latitud conviene, dése vuelta al globo teniendo un lápiz en el horizonte en el punto del norte; este lápiz trazará un paralelo al ecuador que cortará á la eclíptica en dos puntos y hará en ella dos segmentos; el menor indicará el arco de la eclíptica descrito por el sol durante todo el tiempo que estará sin ponerse, ó sin tocar el horizonte del lugar dado.

Los dos puntos marcados en la eclíptica por esta operacion, son aquellos en que se hallaba el sol, cuando pasaba precisamente al horizonte, del lado del norte, ó cuando su declinacion era igual al complemento de la altura del polo; así en todos los puntos de la eclíptica; situados á mayor declinacion, no habrá ocaso del sol para el lugar propuesto.



Si se coloca el lápiz en el punto opuesto del horizonte, esto es del lado de mediodía, trazará otro paralelo, que, cortando también a la eclíptica en dos puntos igualmente distantes del solsticio de invierno, indicará la ruta que debe seguir el sol sin salir y sin parecer en el horizonte del lugar propuesto; y este número de grados dará á conocer el número de los días, mirando en el horizonte, el círculo de los meses en que los días de cada mes se hallan indicados por grados enfrente de los grados correspondientes á la eclíptica.

## USO XIX.

*Hallar la hora del principio, de la duración y del fin del crepúsculo, en un lugar propuesto, como Paris, en el tiempo de los equinoccios.*

Supongamos que se halle el sol en el primer grado de libra, estando Paris en su latitud de  $49^{\circ}$ ; colóquese el primer grado bajo el meridiano, el estilo horario á las 12, ó medio día, y el vertical en el zenit del lugar; vuélvase el globo y el vertical juntamente de occidente á oriente, de modo que se correspondan el primero y el diez y ocho, mírese despues la hora indicada por el estilo, y hallaráse que las 4 y 8 minutos corresponden al punto en que raya el alba; sustráigase esta cantidad de 6 horas, pues á las 6 sale el sol, y el resto será 1 hora y 52 minutos, que será la duración del crepúsculo tanto de la mañana como de la tarde. Si á la hora de ponerse el sol que también es á las 6, se añaden 1 hora y 52 minutos, duración del crepúsculo, resultará 7 horas y 52 minutos, para el fin del crepúsculo.

No hay que olvidar que la determinación crepuscular es de  $18^{\circ}$  bajo el horizonte, y que, cuando se opera con el vertical, ó el cuadrante, se le supone fijo en el zenit del lugar; así, en este ejemplo, debe estar al  $49^{\circ}$  de latitud.

## USO XX.

*Hallar en qué tiempo del año hay el crepúsculo mas corto en un lugar dado, como por ejemplo, Paris.*

De los  $18^{\circ}$  del vertical que sirven para los crepúsculos, colóquese el nono en Paris, y despues adelantese ó retrocédase la chapa hasta que el vertical corte perpendicularmente al meridiano de esta ciudad; entónces la declinación del sol, señalada por esta chapa sobre el meridiano fijo, será de  $9^{\circ}$  poco mas ó me-

nos, lo que responde al décimo grado de piscis, y al décimonono grado de libra, esto es el fin de Febrero, y al 12 de Octubre, tiempo en que suceden los mas cortos crepúsculos en Paris.

## USO XXI.

*Hallar cuanto tiempo se está sin oscuridad completa en ciertos lugares.*

Desde el ecuador hasta  $48^{\circ} 30'$  de latitud, las 24 horas del día natural se hallan divididas en luz tanto solar como crepuscular y oscuridad completa; pero desde esta latitud hasta el círculo polar, hay un cierto tiempo en que no hay oscuridad completa, esto es, en que se confunden los crepúsculos de la noche y de la mañana.

Para hallar cuanto tiempo se permanece sin oscuridad completa en una ciudad situada mas allá de esta latitud, por ejemplo, en Londres, que se halla á  $51^{\circ} 31'$ , colóquese el meridiano opuesto al de esta ciudad, esto es, el círculo de media noche bajo el meridiano fijo; estando el globo en este estado, póngase en acción la chapa del vertical en el meridiano fijo, hasta que el  $18^{\circ}$  crepuscular se halle precisamente en la posición de esta ciudad; entónces los grados contados en el meridiano desde 0 hasta la chapa, indicarán la declinación del sol, que se hallará á  $20^{\circ}$  grados á corta diferencia. Ahora bien, esta declinación conviene al 22 de Mayo, y al 21 de Julio, lo que da un espacio de 60 días, durante los cuales Londres se halla sin oscuridad completa.

## USO XXII.

*Hallar en el globo la posición de todos los lugares relativamente á un lugar particular.*

De todas las maneras de ver el globo, la mas importante es considerarlo,  $1^{\circ}$  bajo su relación con los cuatro puntos cardinales, norte, mediodía, oriente y occidente;  $2^{\circ}$  de distinguir todas las regiones que presenta con sus situaciones respectivas. La Francia se halla al occidente de Alemania y al mismo tiempo al Sud de las islas Británicas; la Alemania se halla al occidente de la Polonia, al oriente de la Francia y al norte de la Italia.

Deberán distinguirse, pues, las regiones situadas entre estos cuatro puntos cardinales; la España al mediodía de la Francia, considerada con relación al mediodía, y también al occidente con



relacion al occidente. Pero como la España no se halla precisamente al mediodia, ni al occidente de la Francia, estando situada entre el mediodia y el occidente, diráse que la España se halla al sud-oeste de la Francia, y que, al contrario la Francia se halla al nordeste de la España.

Para bien conocer en el globo la situación de los lugares con relacion á estos mismos puntos cardinales, es preciso saber que el ecuador y los círculos de latitud, que le son paralelos, señalan precisamente todos los lugares que están al oriente y al occidente unos de otros, y que los meridianos indican los que están al norte y mediodia unos con respecto á otros. Así todos los lugares situados en el ecuador ó en uno de sus paralelos son orientales ú occidentales entre sí, y los colocados en el mismo meridiano son septentrionales ó meridionales, unos con respecto á otros. Todos los demas declinan de estos cuatro puntos cardinales, segun su mayor ó menor distancia.

Por este motivo se halla dividido el plano del horizonte en 52 partes iguales, que representan los 32 vientos para el uso de la navegacion, con los nombres que les han dado los pilotos de diferentes naciones.

Para hallar la situación de todos los lugares con respecto á un lugar particular, como Paris, colóquese Paris, en la chapa del vertical en el zenit del globo; condúzcase el vertical al oriente, de modo que su estremidad responda al punto del oriente en el horizonte; entónces todas las regiones, sobre las cuales pasa, están al oriente de esta ciudad, y por medio de los grados marcados en este cuadrante, podrán conocerse todos los lugares que se hallan á una igual distancia. llevándolos al rededor del horizonte y observando los lugares que se encuentran en el mismo grado 49.

## USO XXIII.

*Hallar la hora que es en toda la tierra á una hora dada, en un lugar propuesto.*

Supongamos que en Paris son las 8 de la mañana; estando Paris en su latitud bajo el meridiano y el estilo horario á las 8 de la mañana, dése vuelta al globo hácia el occidente, si los lugares están al oriente, haciéndose pasar sucesivamente bajo el meridiano; repárese la hora que el estilo indica en cada uno de ellos en particular, y esta hora será la hora del lugar que se halla bajo el meridiano. Veráse de este modo que cuando, en Paris,

son las 8 de la mañana, son cerca de las 9 en Roma, cerca de las 10 y 15' en Constantinopla, las 10 y 30 minutos en el Cairo, etc. Pero si los lugares son occidentales, colóquese el estilo horario en las 8 de la noche, vuélvase el globo hácia el oriente, obsérvese la hora indicada en cada lugar que llega bajo el meridiano, y se verá que cuando en Paris, son las 8 de la mañana, no son mas que las 7 en Lisboa, sobre las 6 y 45' en el Cabo verde, 2 y 15' en Quebec, las 12 de la noche en México, etc.

## USO XXIV.

*Hallar el dia y la hora que es en Paris, cuando es media noche en Goa, en la costa occidental de la peninsula de la India.*

Colóquese á Goa bajo el meridiano, quedando Paris en su latitud; veráse que la de Goa es de  $15^{\circ} 31'$ , que es preciso tomar por la declinacion boreal del sol, á la cual responden el 10mo. de tauro, el 20mo. de leo, que son los lugares del sol el 30 de Abril y el 12 de Agosto; vuélvase el globo hácia el oriente, hasta que se halle Paris bajo el meridiano, y el estilo indicará las 7 y 37' de la mañana; de modo que el 30 de Abril y el 12 de Agosto, al mismo tiempo que son las 7 y 37' de la mañana en Paris, es mediodia en Goa, y el sol está en su zenit.

## USO XXV.

*Hallar el meridiano ó la longitud de un lugar en que son las 7 y 30' de la tarde, cuando son las 11 de la mañana, por ejemplo en Pekin, capital de la China.*

Póngase á Pekin bajo el meridiano y el estilo horario á las 11 de la mañana, vuélvase el globo hácia el occidente, hasta que se halle el estilo á las 7 y 30 minutos de la tarde; el grado del ecuador que se vé bajo el meridiano es el  $88^{\circ}$  de longitud occidental bajo el cual se encuentra el Nuevo México, de que es capital Santa Fé en la América septentrional, y en esta ciudad son las 7 y 30' minutos de la tarde, cuando son las 11 en Pekin.

Si las 7 y 30 minutos son en lo concerniente á la mañana, vuélvase el globo hácia el oriente, hasta que esté el estilo á las 7 y 30' de la mañana; entónces tendrás bajo el meridiano el  $84^{\circ}$  de longitud oriental, bajo el cual son las 7 y 30 minutos de la mañana cuando son las 11 en Pekin.



*Hallar en qué día y en que mes sale y se pone el sol al mismo tiempo en dos ciudades propuestas.*

Levántese ó bájese el polo hasta que se hallen en el horizonte oriental las dos ciudades, para lograr el tiempo del ocaso del sol. Repárese la altura del polo que se tomará para la declinacion septentrional del sol: búsqese el día y el mes que á esta declinacion convienen, y se verá que este astro se pone al mismo tiempo en Paris y en Cartageoa, en Murcia el 9 de Mayo y 1º de Agosto.

Por lo tocante á la salida, tómese la misma altura del polo para la declinacion meridional, con la cual se tendrán los dos días y los dos meses correspondientes á esta declinacion; los días que se hallarán serán el 11 de Noviembre y el 30 de Enero, días en que sale el sol al mismo tiempo en estas dos ciudades.

La resolucion de la proposicion seria imposible si la altura del polo á la que debe ser igual la declinacion fuese mayor que la mayor declinacion del sol. Por este motivo Roma y Paris no pueden ver al mismo tiempo la salida y ocaso del sol.

## USO XXVII.

*Hallar la duracion del día en un lugar situado á 23º 28' sobre el ecuador, esto es, bajo el trópico de Cáncer.*

Sean, por ejemplo, Siena ó Asuan en Egipto. Colóquese esta ciudad en el horizonte hácia el oriente, y el estilo á las 12 á media noche. en la parte baja del círculo horario, llévese despues Asuan al horizonte hácia el oriente; y el estilo indicará 14 horas. Describirá el lugar un círculo paralelo al ecuador, y el 22 de Junio, esto es, cuando entra el sol en el primer grado de Cáncer lo verá pasar en su zenit en un sentido contrario.

Un mero círculo CC, dando la medida de los arcos diurnos, puede servir de globo. Divídase cada uno de los paralelos que pasan de una parte á otra de la circunferencia, en 12 partes iguales, para representar las 12 horas, ó la mitad de la revolucion diaria.

Desde el punto indicado 14, en que está situado Asuan, hasta el eje A, hay 6 partes ó 6 horas. Desde este eje, hasta el otro eje B, se cuentan aún seis horas; pero de estas últimas horas, es preciso restar lo que se halla bajo el horizonte solar, pues es lo que se halla en la oscuridad y la noche, y puede valer sobre 5

horas. Queda el ángulo formado por el eje A y el horizonte solar HS, lo que da aún una hora de día que es preciso señalar á las otras seis. Pero como no se vé en este círculo mas que la mitad de su revolucion, es preciso doblar esta suma, y se tendrá por lo tocante á Asuan, 14 horas de día y 10 horas de noche. Este método puede servir de regla para todos los demas puntos, y aplicarse al progreso del día y de la noche, en el hemisferio meridional, de lo cual resulta la prueba que la desigualdad de las estaciones y de los días, en una palabra, todas las variaciones del cielo, son una consecuencia del trasporte anual de la tierra al rededor del sol, y de su revolucion en 24 horas sobre su eje dirigiéndose invariablemente hácia el norte.

## USO XXVIII.

*Hallar bajo qué grado de latitud se halla cada clima.*

Ademas de las zonas, los geógrafos dividen tambien la superficie de la tierra en círculos paralelos al ecuador. Llámense *climas* los espacios comprendidos entre estos círculos. Hay dos suertes de climas: unos de media hora y los otros de mes.

Los climas de media hora son aquellos en los cuales el día es mas largo de una media hora ó de varias, que bajo el ecuador. El día en el ecuador es de 12 horas; así el paralelo, bajo el cual el día mas largo será de 12 horas y media, terminará el primer clima; de la misma manera, bajo otro paralelo mas distante del ecuador, el día mas largo, siendo de 13 horas, el espacio comprendido entre el primero y el segundo paralelo será el segundo clima. Fácil es ver que siendo nuestro día mas largo de 16 horas, y por consiguiente de cuatro horas ó de ocho medias horas mas largo que bajo el ecuador, fácil es de ver que Paris se halla colocado á fines del octavo clima. Bajo el círculo polar, siendo el día mas largo de 24 horas, el círculo polar es pues el término del vigésimo cuarto clima.

Cuéntanse 48 climas de media hora, de los cuales 24 se hallan en la parte septentrional y los otros 24 en la parte meridional.

Mas allá de los círculos polares, conforme es menor la distancia de los polos, aumentan los días por meses. Los climas de meses son los que se hallan comprendidos entre paralelos, dispuestos de tal modo, que al fin de cada uno de estos climas, son los días mas largos de unos ó muchos meses; y como bajo el polo dura el día seis meses, débese concluir que hay climas de meses, desde los círculos polares hasta los polos. Así débense con-



tar doce climas de meses, seis en la parte septentrional de la tierra, y seis en su parte meridional.

Los climas, tanto los de media hora, como de meses, no tienen la misma anchura. Mientras mas se acercan al ecuador, mas anchos son los climas de media hora; al contrario los climas de meses son tanto mas anchos quanto mas se acercan á los polos.

Para comprender porqué los climas de media hora son tanto mas anchos quanto mas se acercan al ecuador, es necesario observar, 1º que el dia mas largo para nosotros, sucede cuando el sol describe el trópico de cáncer, y que este dia es tanto mas largo quanto mayor es el arco del trópico comprendido sobre el horizonte; 2º que el sol, por su movimiento diurno, recorre, durante cada hora, un arco de  $15^{\circ}$ , ó  $7^{\circ} 30'$  en media hora. Asi para que el dia mas largo del año sea media hora mayor que bajo el ecuador, es necesario que el arco diurno del trópico sea de  $7^{\circ} 30'$ , mayor que el arco diurno del ecuador, que siempre es de  $180^{\circ}$ ; 3º es preciso observar que la altura del polo siendo igual á la latitud, la altura del polo aumenta como su latitud.

Fundados en estos principios, supongamos que bajo el ecuador se halla una persona, y que se adelanta hasta que llega bajo el paralelo en que el dia mayor será de 12 horas y media. Será preciso que marche hasta que el polo visible se halle levantado sobre el horizonte de la cantidad necesaria para que el arco diurno del trópico sea de  $187^{\circ} 30'$ . Supongamos que el mismo observador se adelanta aún hasta que llegue bajo el paralelo en que el dia mayor será de 12 horas; necesario será que marche hacia el polo hasta que esté levantado el polo de la cantidad necesaria, para que el arco diurno del trópico sea de  $195^{\circ}$ . Ahora bien, el espacio que debe recorrerse en esta segunda posicion será menor, esto es, menos ancho que en el primer caso; porque bastará al polo una elevacion menor. El mismo razonamiento debe hacerse con respecto á la anchura de todos los demas climas de media hora, desde el ecuador hasta el círculo polar.

De la misma manera, para comprender porqué los climas de meses son tanto mayores quanto mas cercanos se hallan á los polos, necesario es observar que cuando se haya elevado el polo visible de  $66^{\circ} 30'$ , hay un grado de la eclíptica que permanece siempre sobre el horizonte, y por consiguiente, cuando estará el sol en este grado, quedará en el horizonte durante 24 horas, pues recorre, á corta diferencia, un grado de la eclíptica por dia. Ahora bien, los que habitan bajo el círculo polar tienen elevado el polo de  $60^{\circ} 30'$ ; luego su dia mayor será de 24 horas. Establecido esto, si un observador, colocado en el círculo polar, quiere

hallar el paralelo bajo el cual el dia mayor será de un mes, será preciso que se adelante hacia el polo visible hasta que se halle bastante elevado para que el arco de la eclíptica, que no bajará bajo el horizonte, sea de  $30^{\circ}$  mayor que bajo el paralelo precedente. Será preciso, en este segundo caso, que se halle levantado el polo algo mas de  $1^{\circ} 30'$ . Ahora bien el espacio que será necesario recorrer, será mayor que el necesario para llegar del círculo polar al primer paralelo bajo el cual, el dia mayor no será mas que de un mes, porque necesario será al polo mayor elevacion. El mismo razonamiento debe hacerse, con respecto á los demas climas de mes, desde el círculo polar hasta el polo en que el dia mayor es de seis meses.

### CLIMAS ENTRE EL ECUADOR Y LOS CIRCULOS POLARES.

CLIMAS.	El dia mas largo.	Latitud.	Anchura.	CLIMAS.	El dia mas largo.	Latitud.	Anchura.
1	12 h. $\frac{1}{2}$	834'	8° 34'	13	18 h. $\frac{1}{2}$	60° 0'	1° 33'
2	13	16 44'	8 10'	14	19	61 19'	1 19'
3	13 $\frac{1}{2}$	24 12'	7 28'	15	19 $\frac{1}{2}$	62 26'	1 7'
4	14	30 45'	6 36'	16	20	63 23'	0 57'
5	14 $\frac{1}{2}$	36 31'	5 43'	17	20 $\frac{1}{2}$	64 10'	0 47'
6	15	41 24'	4 53'	18	21	64 50'	0 40'
7	15 $\frac{1}{2}$	45 32'	4 8'	19	21 $\frac{1}{2}$	65 22'	0 32'
8	16	49 2'	3 30'	20	22	65 48'	0 26'
9	16 $\frac{1}{2}$	52 0'	2 58'	21	22 $\frac{1}{2}$	66 7'	0 19'
10	17	54 30'	2 30'	22	23	66 21'	0 14'
11	17 $\frac{1}{2}$	56 35'	2 8'	23	23 $\frac{1}{2}$	66 29'	0 8'
12	18	58 22'	1 49'	24	24	66 32'	0 3'

### CLIMAS ENTRE LOS CIRCULOS POLARES Y LOS POLOS.

Estension de los dias.	Latitud.	Estension de los dias.	Latitud.
meses.		meses.	
1	67° 17'	4	78° 2'
2	69 39'	5	83 20'
3	71 18'	6	90 0'



Trátase ahora de hallar, por medio del globo bajo que grado de latitud se halla situado cada clima, lo cual es fácil conociendo el mayor día que á cada uno conviene. Supongamos el décimo clima; tómese la mitad que es 5, la cual añadida á 12 horas, dará 17 horas, que es la duración del mayor día del fin del décimo clima, ó del principio de undécimo. Así conocido el día mas largo de cada clima, póngase el primer grado de Cáncer bajo el meridiano, y el estilo horario en las 12; despues vuélvase el globo hácia el occidente, hasta que el sol haya recorrido las horas de la mitad del día mas largo; en esta posicion, levántese ó bájese el polo, de modo que el primer grado de Cáncer llegue al horizonte hácia el oriente; cuéntense despues los grados del meridiano comprendidos entre el polo y el horizonte, y se tendrá la latitud del clima. Sabiendo que el día mas largo del octavo clima es de 16. horas, se hallará que su latitud es de  $49^{\circ}$ , poco mas ó menos.

## USO XXIX.

*Hallar la estension de cada clima de hora.*

Conociendo las alturas del polo que á cada clima convienen, tendráse su extension tomando la diferencia de estas alturas la cual será de un número de grados que, multiplicados por 25, darán en leguas la extension de cada clima; por ejemplo, hallárase que la del séptimo al octavo es de  $3^{\circ} 32'$ .

## USO XXX.

*Hallar en que clima de hora y en que paralelo se halla situada una ciudad propuesta, como por ejemplo Paris.*

Búsquese, segun el uso XXVII, el día mas largo de Paris, el cual es de 16 horas; restando esta cantidad de 12; quedan 4 horas, las cuales dobladas, dan 8 horas, número del clima de hora de esta ciudad, de lo que se sigue que se halla al fin del clima octavo, ó al principio del nono. Pero si se dobla 8, el número 16 indica que Paris se halla al fin del décimo sexto clima de media hora, ó á principios del décimo sétimo.

Hay un medio bien sencillo de lograr, el clima de un lugar por el número de los climas señalados en el meridiano fijo. Cuéntense los grados de latitud de este lugar, y obsérvese en frente del grado que la termina, cual es el número del clima; ve-

ráse que hay ocho climas completos entre el ecuador y el  $49^{\circ}$  de latitud de Paris.

## USO XXXI.

*Conocer la estension de los climas de mes, y la causa de su desigualdad.*

Siendo de 30 días cada clima de mes, es evidente que son necesarios seis en cada una de las zonas frias, desde los círculos polares hasta los polos. Pero estos climas no son mas que las declinaciones del sol, contadas desde los polos á los círculos polares, como se cuentan del ecuador á los trópicos. Bajo el círculo polar el día mayor es de 24 horas; bajo el polo es de 180 días ó de 6 meses. Fácilmente se ve que la estension de estos climas es desigual y que la de los primeros es menor que la de los últimos. La causa de esta desigualdad procede, como ya se ha dicho, de la diferencia de la declinacion del sol, diferencia que, siendo menor hácia los trópicos que hácia el ecuador, hace que haya menos variaciones en la altura del polo ó en la latitud de los primeros que de los últimos. En efecto, la diferencia de declinacion, tomada hácia un trópico, correspondiente á 30 días, no es mas que  $28'$ , mientras que la que está hácia el ecuador es de  $5^{\circ} 50'$ ; luego es preciso levantar el polo solamente de  $28'$  para hacer la variacion del primer clima de mes, y levantarlo de  $5^{\circ} 50'$  para hacer la del último, cuyo fin es el mismo polo.

## USO XXXII.

*Dado el mayor día de cualquier lugar en las zonas frias, hallar el clima en que está situado este lugar.*

Supongamos de tres meses el día mas largo, redúzcanse los meses en días, multiplicándolos por 30, lo que dá 90 días; este último número dividido por 15, dará el cociente 6, que es el clima en que el día mas largo es de 90 días ó tres meses.

## USO XXXIII.

*Hallar la razon por la que dos caminantes que den la vuelta al mundo, uno por el oriente y el otro por el occidente de un paso igual, contará el primero dos días mas que el segundo.*

Este efecto, singular en apariencia, sorprende á primera vista; pero depende de una causa completamente natural que se vuel-



ve sensible cuando se tiene una idea del movimiento aparente del sol. Siendo redonda la tierra no alumbrá el sol simultáneamente todas sus partes. Como este astro se mueve cada día de oriente á occidente, se muestra á los pueblos orientales antes que á los occidentales, y como recorre  $15^\circ$  por hora, un lugar que es mas oriental que otro de  $15^\circ$ , tiene mediodía un hora antes. Recuérdese que la longitud se cuenta de occidente á oriente, y que el arco del ecuador que establece la diferencia de los meridianos, ó de la longitud de los lugares, es la medida del intervalo de tiempo, que hace que un lugar tenga mediodía antes que otro, y aún hay globos en que las horas se hallan marcadas en el ecuador, dividido de  $15^\circ$  en  $15^\circ$ .

Establecido esto, el que camina hácia el oriente, y se adelanta á  $15^\circ$  de Paris por ejemplo, á Viena, en Austria, cuenta sobre una hora mas que en Paris, porque marchando á encontrar el sol lo ve una hora ántes que nosotros. Continuando de adelantar así hácia el oriente, de  $15^\circ$  en  $15^\circ$ , gana una hora cada vez, de modo que despues de haber recorrido los  $360^\circ$  del globo, se halla, al llegar de vuelta á Paris, haber ganado 24 horas; ha visto al sol levantarse, pasar por el meridiano, y ponerse una vez mas; luego cuenta un día mas que nosotros, y se halla tal vez en domingo mientras que se hallan en sábado los habitantes de Paris.

El que viaja hácia el occidente tiene el sol una hora mas tarde cuando ha recorrido  $15^\circ$ , y sucesivamente cuenta tantas veces menos horas cuantas mas veces ha hecho  $15^\circ$ . Al volver pues á Paris despues de haber dado la vuelta al mundo, cuenta un día de menos, y se halla tal vez en sábado mientras que es domingo en Paris. Toda la diferencia no consiste mas que en la manera de contar de uno y otro, segun la ruta que uno ha tomado hácia el oriente y el otro hácia el occidente.

Cuando Fernando Magallanes, de nacion Portuguesa, despues de haber pasado en 1519, el estrecho que lleva su nombre, que llegó á las Indias, halló en su cálculo un día de diferencia con el de los europeos que habian ido hácia el oriente: unos á otros se acusaban de negligencia. Pero cesó su sorpresa cuando se averiguó la causa de esta diferencia. Vareno dice que en Macao, ciudad marítima de la China, los portugueses cuentan habitualmente un día de mas que los españoles que habitan en las Filipinas; de modo que los primeros se hallan en domingo mientras que los segundos se hallan solamente en sábado, aunque poco disten entre sí. Depende esto de que los portugueses establecidos en Macao, fueron por el cabo de Buena Esperanza ó por el Oriente, y los españoles fueron á las Filipinas por el Oc-

cidente, esto es; partiendo de la América y atravesando la mar del sur.

El inglés Francisco Drake, habiendo partido en 1577, hizo en tres años la vuelta del mundo. El 3 de Noviembre de 1580, despues de un dichoso viage, entró en la rada de Plymouth, y notó que haciendo la vuelta del mundo de oeste á este habia perdido un día.

## USO XXXIV.

*Conocer la magnitud y figura de la tierra, y saber porqué la legua es de 2283 toesas.*

La altura meridiana del sol en diferentes países, un bajel visto de léjos en plena mar y desapareciendo insensiblemente, la sombra de la tierra siempre redonda en los eclipses de luna, son pruebas que demuestran su convexidad y redondez, y suponiéndola esférica, un grado medido bastaria para dar á conocer su magnitud. Pero si la tierra no es redonda, si en una parte de su circunferencia es mas convexa que en otra, los  $360^\circ$  deben variar entre sí. Para asegurarse de esto, una compañía de hombres de ciencia pensó, en 1683, en lograr la medida de varios grados bajo diferentes latitudes, á fin de ver si los grados eran iguales, como debian serlo, admitiendo la esfereidad de la tierra. Cada uno se ocupó en esta empresa, viajóse al norte y al sud, y disputóse sobre las desigualdades de los grados hasta en 1736. Por último, M. de Maupertuis representó que se determinaria con mayor precision, la desigualdad de los grados y por consiguiente la figura de la tierra, si se midiése un grado en el norte, lo mas léjos posible del ecuador. Adoptado fué su consejo, y este físico, acompañado de varios astrónomos, partió en 1736, para la Suecia, y llegó á Torneo á fines del invierno. El 13 de Noviembre del año siguiente, trajo la prueba de que el grado del meridiano, que corta el círculo polar, es de 57422 toesas esto es, mayor de 353 toesas que el medido de Paris y Amiens, cuya latitud se avanza al norte un grado mas que la de Paris, y que M. Picard habia hallado solo de 57069 toesas. Este aumento, en el grado del norte, formó desde entónces una demostracion completa del achatamiento de la tierra; pues estando achatado hácia los polos, debe tener mas extension el arco de un grado, y contener mayor número de toesas á medida que es mayor la proximidad hácia el polo, ó mayor el achatamiento.

Como 57069 toesas dan la extension de un grado exacto, se ha convenido bastante generalmente de llamar una legua á la vigé-



sima quinta parte de este grado; luego la legua es de 2283 toesas de modo que un grado de tierra, ó la trescienta sesentésima parte de toda su circunferencia, tiene 25 leguas de extension, y la circunferencia entera es de 9000 leguas; pues 360 multiplicado por 25 dan 9000.

Las leguas marinas son de 20 al grado, ó de 2853 toesas cuéntanse así en la mar, para que 3 minutos que son tres milla marinas de Inglaterra é Italia, hagan una legua marina de Francia, y puedan entenderse mas fácilmente los navegantes de todas las naciones.

## USO XXXV.

*Conocer el camino exacto que hay que seguir para ir de un lugar á otro.*

Colóquese el lugar de partida y la chapa del vertical en el zenit; condúzcase despues el vertical en el lugar en que se quiere ir; considérense todos los lugares en los cuales pasa, que se hallan en el camino recto que conduce al lugar propuesto. Viajando de esta manera, se describe el arco de un círculo máximo.

Fácil seria pero inútil dar una serie mas larga de otros usos ó problemas, cuya solucion depende del conocimiento de estos que forman, por decirlo así, la llave,

FIN DEL TRATADO DE LA ESFERA.

## TABLA

DE LAS LATITUDES Y LONGITUDES DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES DEL GLOBO.

Nombre de las poblaciones.	Latitud.			Longitud.		
Acapulco	16°	30'	29"	102°	6'	11" oc.
Alepo	36	11	30	34	52	90 oc.
Altona	35	45	30	7	35	90 or.
Amiens	49	53	41	7	2	5 oc.
Andrinópolis	41	48	41	24	9	5 or.
Angora	40	2	30	23	55	30 oc.
Amsterdam	52	22	17	2	33	30 or.
Amberes	51	13	16	2	3	55 or.
Arequipa	15	45	16	7	41	15 oc.
Argel	36	48	36	7	4	5 or.
Arkangel	64	21	40	38	23	13 or.
Astrakan	45	21	70	45	41	45 or.
Asuncion	25	16	50	60	1	45 oc.
Augsburgo	48	21	46	8	37	27 or.
Ava	21	51	46	23	37	45 or.
Aviñon	33	57	8	2	28	15 or.
Bagdad	33	19	50	42	4	30 or.
Baltimore	29	33	50	79	10	15 oc.
Barcelona	41	21	44	11	10	18 or.
Benares	25	20	44	80	42	18 or.
Berlin	52	31	45	11	2	11 or.
Berna	46	56	45	5	16	11 or.
Besanzon	47	13	45	3	42	30 or.
Bolonia	44	30	12	9	1	15 or.
Bombay	18	54	25	70	33	12 or.
Boston	42	22	11	73	19	12 oc.
Breslau	51	6	30	14	42	3 or.
Bruselas	50	50	59	2	2	11 or.
Buda	47	29	44	16	42	15 or.
Buenavista	5	42	45	77	6	37 oc.
Buenos-Ayres	34	25	26	60	43	38 oc.
Burdeos	44	50	14	2	54	14 oc.
Cabul	34	10	14	66	54	45 or.
Cadiz	36	32	14	8	37	37 oc.
Caen	49	11	12	2	41	53 oc.
Cajamarca	7	8	38	80	56	50 oc.
Calcuta	22	23	11	86	56	30 or.



sima quinta parte de este grado; luego la legua es de 2283 toesas de modo que un grado de tierra, ó la trescienta sesentésima parte de toda su circunferencia, tiene 25 leguas de extension, y la circunferencia entera es de 9000 leguas; pues 360 multiplicado por 25 dan 9000.

Las leguas marinas son de 20 al grado, ó de 2853 toesas cuéntanse así en la mar, para que 3 minutos que son tres milla marinas de Inglaterra é Italia, hagan una legua marina de Francia, y puedan entenderse mas fácilmente los navegantes de todas las naciones.

## USO XXXV.

*Conocer el camino exacto que hay que seguir para ir de un lugar á otro.*

Colóquese el lugar de partida y la chapa del vertical en el zenit; condúzcase despues el vertical en el lugar en que se quiere ir; considérense todos los lugares en los cuales pasa, que se hallan en el camino recto que conduce al lugar propuesto. Viajando de esta manera, se describe el arco de un círculo máximo.

Fácil seria pero inútil dar una serie mas larga de otros usos ó problemas, cuya solucion depende del conocimiento de estos que forman, por decirlo así, la llave,

FIN DEL TRATADO DE LA ESFERA.

## TABLA

DE LAS LATITUDES Y LONGITUDES DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES DEL GLOBO.

Nombre de las poblaciones.	Latitud.			Longitud.		
Acapulco	16°	30'	29"	102°	6'	11" oc.
Alepo	36	11	30	34	52	90 oc.
Altona	35	45	30	7	35	90 or.
Amiens	49	53	41	7	2	5 oc.
Andrinópolis	41	48	41	24	9	5 or.
Angora	40	2	30	23	55	30 oc.
Amsterdam	52	22	17	2	33	30 or.
Amberes	51	13	16	2	3	55 or.
Arequipa	15	45	16	7	41	15 oc.
Argel	36	48	36	7	4	5 or.
Arkangel	64	21	40	38	23	13 or.
Astrakan	45	21	70	45	41	45 or.
Asuncion	25	16	50	60	1	45 oc.
Augsburgo	48	21	46	8	37	27 or.
Ava	21	51	46	23	37	45 or.
Aviñon	33	57	8	2	28	15 or.
Bagdad	33	19	50	42	4	30 or.
Baltimore	29	33	50	79	10	15 oc.
Barcelona	41	21	44	11	10	18 or.
Benares	25	20	44	80	42	18 or.
Berlin	52	31	45	11	2	11 or.
Berna	46	56	45	5	16	11 or.
Besanzon	47	13	45	3	42	30 or.
Bolonia	44	30	12	9	1	15 or.
Bombay	18	54	25	70	33	12 or.
Boston	42	22	11	73	19	12 oc.
Breslau	51	6	30	14	42	3 or.
Bruselas	50	50	59	2	2	11 or.
Buda	47	29	44	16	42	15 or.
Buenavista	5	42	45	77	6	37 oc.
Buenos-Ayres	34	25	26	60	43	38 oc.
Burdeos	44	50	14	2	54	14 oc.
Cabul	34	10	14	66	54	45 or.
Cadiz	36	32	14	8	37	37 oc.
Caen	49	11	12	2	41	53 oc.
Cajamarca	7	8	38	80	56	50 oc.
Calcuta	22	23	11	86	56	30 or.



Nombre de las pobla-  
ciones.

	Latitud.			Longitud.		
Candahar	29	20	6	64	5	45 or.
Canton	23	29	15	11	5	45 or.
Caracas	10	30	50	69	25	45 oc.
Carcasona	43	12	54	69	25	45 or.
Cartagena de Indias	10	25	38	80	50	30 oc.
Cassel	51	17	20	7	15	3 or.
Cayena	4	56	15	54	36	3 or.
Ceuta	35	48	50	7	36	24 or.
Chillan	35	56	20	7	36	24 or.
Chiraz	29	37	50	50	20	7 or.
Christiania	59	55	20	8	28	30 or.
Clermont-Ferrand	45	46	44	0	45	2 oc.
Concepcion	36	49	10	75	25	2 oc.
Constantinopla	41	1	27	26	35	2 or.
Copenague	55	41	4	10	14	15 or.
Córdoba	37	16	4	6	6	15 or.
Cracovia	50	3	38	17	36	54 or.
Cumana	10	27	49	66	30	54 or.
Cuzco	13	42	11	73	26	54 oc.
Damasco	33	42	11	34	53	54 or.
Danzick	54	20	48	16	17	45 or.
Darmstadt	49	56	24	6	14	24 oc.
Delhi	28	42	24	74	46	24 or.
Diaberker	37	54	24	37	46	24 or.
Digne	44	5	18	3	54	4 or.
Dresde	51	2	50	11	22	46 or.
Dublin	53	21	11	8	3	46 or.
Durango	34	25	11	105	55	46 oc.
Edimburgo	55	57	57	5	30	30 or.
Elseneur	56	2	11	10	17	30 or.
Erzerum	39	58	55	39	15	45 or.
Esmirna	38	28	55	24	44	45 or.
Estocolmo	59	20	31	15	43	15 or.
Estrasburgo	48	34	56	5	24	36 or.
Filadelfia	39	57	2	77	30	11 oc.
Florenzia	43	46	41	8	55	30 or.
Frankfort	50	7	29	6	15	115 or.
Gaza	31	28	29	32	30	115 or.
Génova	44	25	29	6	37	45 or.
Gibraltar	36	6	30	7	39	46 oc.

Nombre de las pobla-  
ciones.

	Latitud.			Longitud.		
Ginebra	46	2	30	3	49	15 or.
Goa	15	25	60	71	33	15 or.
Gotha	50	56	8	8	23	45 or.
Granada	37	16	8	6	6	45 oc.
Grenoble	45	11	42	3	23	24 or.
Greenwich	51	28	39	2	20	24 oc.
Guadalupe (isla de)	28	53	39	120	36	3 oc.
Guanajuato	21	53	15	104	15	3 oc.
Guayaquila	2	12	12	82	15	3 oc.
Halifax (en el Canadá)	44	44	12	65	36	3 oc.
Hamburgo	53	32	51	7	38	22 or.
Hanover	52	22	25	7	22	40 or.
Habana	23	8	15	84	42	15 oc.
Inspruck	47	16	8	9	3	30 or.
Ispahan	32	24	44	49	30	30 or.
Jaffa	32	3	25	32	25	55 or.
Jalapa	19	30	8	99	15	55 or.
Jerusalen	31	47	46	31	48	55 or.
Kingston	31	47	46	79	2	30 oc.
Koenigsberg	54	42	12	18	9	30 or.
Leipsick	51	20	16	10	1	30 or.
Lila	50	37	50	10	44	16 or.
Lima	12	2	45	79	27	30 oc.
Lisboa	38	42	24	11	28	45 oc.
Lubeck	53	51	18	8	20	37 oc.
Luca	43	60	49	8	10	25 or.
Luxemburgo	49	37	38	3	49	26 or.
Macao	22	12	45	111	19	30 or.
Macon	46	18	27	2	29	53 or.
Madras	13	4	54	78	8	45 or.
Madrid	40	24	57	6	2	45 oc.
Malaca	2	12	57	99	84	56 oc.
Malaga	36	43	30	6	45	17 or.
Manila	14	36	8	118	13	51 or.
Maracaibo	10	39	8	74	5	15 oc.
Marsella	43	17	49	3	2	15 or.
Matanzas	23	2	28	83	57	30 or.
Medina [Arabia]	25	13	28	37	43	30 or.
México	19	25	45	101	25	30 oc.
Meka	21	28	9	37	54	45 or.



Nombre de las pobla-  
ciones.

Latitud.

Longitud.

Nombre de las poblaciones.	Latitud.	Longitud.
Melilla	35 18 15	5 17 35 or.
Metz	49 7 10	3 50 13 oc.
Milan	45 28 2	6 51 16 or.
Módena	44 38 5	8 34 58 oc.
Moka	13 18 41	8 34 58 or.
Montevideo	34 54 48	58 30 58 oc.
Moscú	55 45 45	35 12 45 or.
Munich	48 8 20	9 14 15 or.
Nancy	48 41 55	3 50 16 or.
Nantes	47 13 9	3 52 59 oc.
Nankin	32 15 9	116 39 45 or.
Nápoles	40 50 15	11 55 30 or.
Nevers	46 59 17	11 49 16 or.
Nicosia	35 13 14	31 6 30 or.
Nismes	43 50 8	2 1 30 or.
Nueva-Orleans	29 57 30	92 26 15 oc.
Nueva-York	40 42 6	76 19 15 oc.
Nurenberg	49 26 53	8 44 15 or.
Oajaca (México)	18 2 53	102 30 15 or.
Odesa	46 30 22	28 25 7 or.
Oldenburgo	53 8 40	5 54 20 or.
Oporto	41 8 56	10 56 24 or.
Oran	35 44 27	2 59 45 or.
Orleans	47 54 12	2 25 34 or.
Ormuz	27 7 6	54 16 45 or.
Oxford	51 45 40	3 35 37 oc.
Padua	45 24 2	9 31 17 or.
Palermo	38 6 44	11 1 45 or.
Panamá	8 57 10	81 50 9 oc.
Parma	44 48 10	8 6 30 or.
París	48 50 13	8 6 30 or.
Pau	43 17 1	2 42 48 oc.
Pekin	39 54 13	114 5 45 or.
Perpiñan	42 42 3	114 33 54 or.
Persépolis	30 42 3	51 33 54 or.
Pisa	43 43 3	8 3 45 or.
Pondichery	11 55 41	77 31 30 or.
Popayan	2 26 17	78 59 45 oc.
Port-au-Prince	18 33 42	74 47 26 oc.
Porto-Bello	9 33 9	81 55 30 oc.

Nombre de las pobla-  
ciones.

Latitud.

Longitud.

Nombre de las poblaciones.	Latitud.	Longitud.
Potosí	19 47 9	69 42 30 oc.
Praga	50 5 19	12 5 30 oc.
Puebla de los Angeles	19 5 15	100 22 45 oc.
Puerto-Rico	18 29 10	68 33 30 oc.
Quebec	46 47 30	73 30 30 oc.
Quito	46 13 17	81 5 30 oc.
Regusa	42 36 17	15 51 30 oc.
Riga	56 57 17	21 47 30 oc.
Riobamba	1 41 46	81 20 30 oc.
Rio-Janeiro	22 54 2	45 37 59 oc.
Rodas	36 26 2	25 52 15 oc.
Roma	41 53 54	10 9 32 oc.
Ruan	49 26 27	1 14 16 oc.
Salzburgo	47 48 10	10 41 9 oc.
Samarcanda	39 30 10	66 30 9 oc.
San Blas	21 32 48	107 35 48 oc.
San Diego	32 29 30	119 37 3 oc.
San Felipe	5 46 6	81 57 45 oc.
San Francisco	37 48 50	124 28 15 oc.
San Luis Potosí	22 48 50	103 1 15 oc.
San Petersburgo	59 26 23	27 28 30 oc.
San Salvador	12 59 23	40 53 30 oc.
Santa Fé de Ant	6 36 23	78 23 8 oc.
Santa Fé de Bogotá	4 35 48	76 34 8 oc.
Santa Marta	11 19 39	76 28 45 oc.
Santo Domingo	18 28 40	72 13 52 oc.
Sevilla	37 26 40	7 50 52 oc.
Seringapatan	12 25 29	74 21 37 oc.
Siam	14 20 40	98 30 37 oc.
Sinope	42 2 16	32 46 57 or.
Singapur	1 29 16	101 57 57 or.
Surate	21 11 16	70 46 45 or.
Tampico	22 15 30	100 12 15 oc.
Tanger	35 46 30	8 17 40 or.
Tarbes	43 13 52	2 16 1 oc.
Tasco	18 35 52	101 49 1 oc.
Terán	35 41 50	48 31 10 oc.
Tejuco	18 11 50	44 50 10 oc.
Tezcucó	19 30 40	101 11 15 oc.
Tiflis	41 30 30	42 41 18 oc.



Nombre de las pobla-  
ciones.

	Latitud			Longitud.		
Tolosa	43	35	46	42	53	45 oc.
Toluca	19	16	19	101	41	45 oc.
Tranquebar	11	16	15	77	34	75 oc.
Trevizonda	41	2	16	37	23	30 or.
Trieste	45	38	8	11	26	53 or.
Trípoli	32	53	40	11	1	7 or.
Trujillo	8	5	40	81	39	38 oc.
Tunéz	36	37	40	7	46	48 or.
Turin	45	4	40	5	20	48 or.
Upsal	59	51	40	15	19	48 or.
Varinas	7	35	40	72	35	48 oc.
Varsovia	52	14	88	18	42	30 or.
Venecia	45	25	53	10	42	44 or.
Veraacruz	19	11	52	98	29	44 oc.
Versalles	48	48	21	98	12	53 oc.
Viena	48	12	40	14	2	30 or.
Villarica	39	10	40	72	35	30 oc.
Washington	38	55	40	79	19	30 oc.
Weimar	50	59	12	9	19	45 or.
Yedo	36	39	12	137	39	45 or.
Zara	44	2	25	10	49	45 or.
Zurich	47	22	33	6	11	15 or.

FIN DE LA TABLA DE LATITUDES Y LONGITUDES.

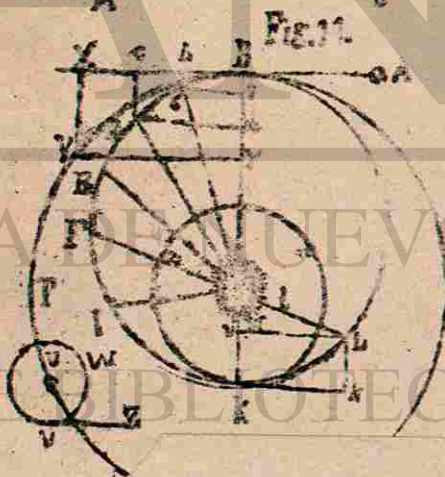
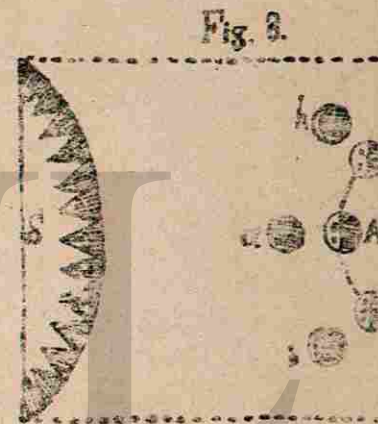
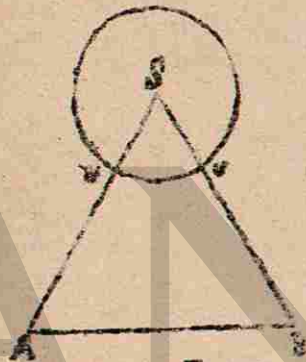
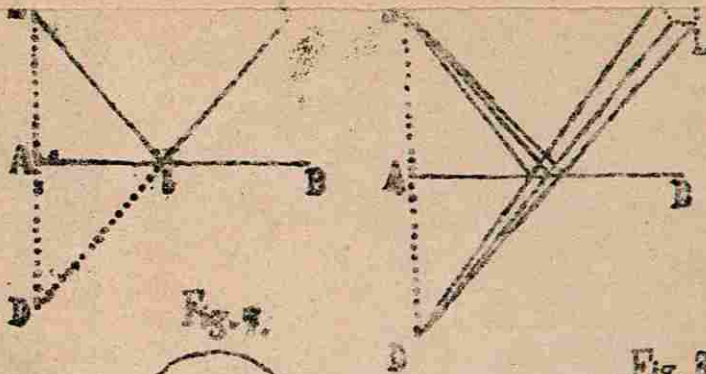


Fig. 12.



UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Cada. 1625 MONTERREY, MEXICO



Fig. 1.

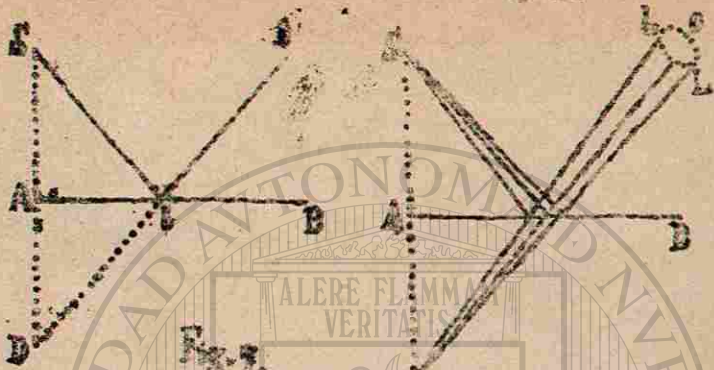


Fig. 2.

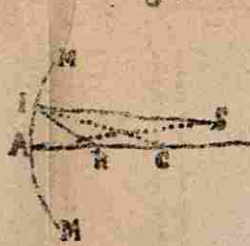


Fig. 3.

Fig. 4.



Fig. 5.

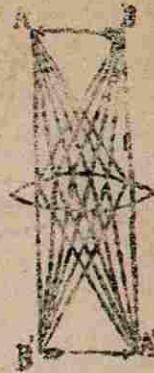


Fig. 6.

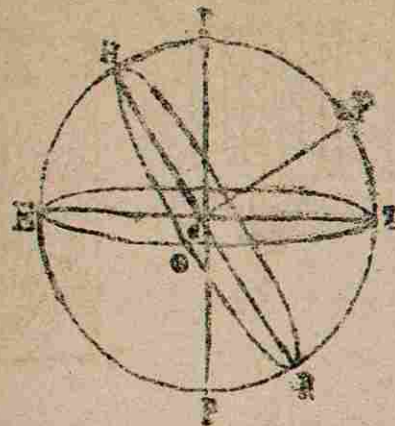


Fig. 7.

Fig. 8.

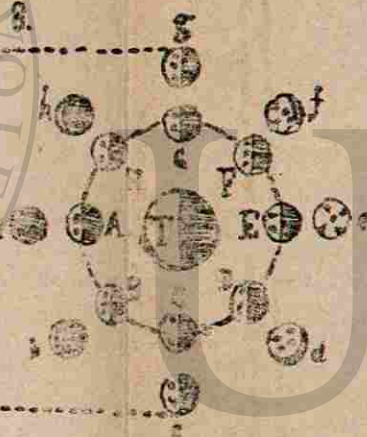


Fig. 9.



Fig. 10.

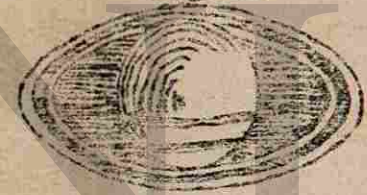


Fig. 11.

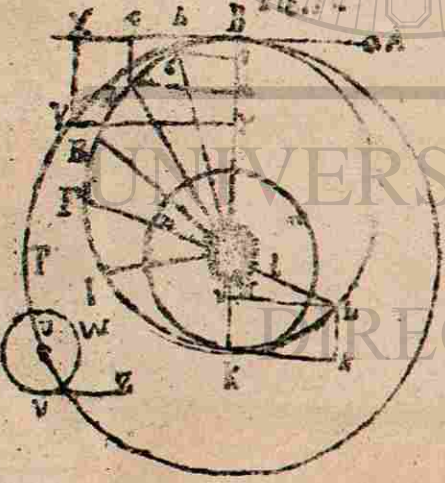


Fig. 15.



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 16.





Fig. 17.

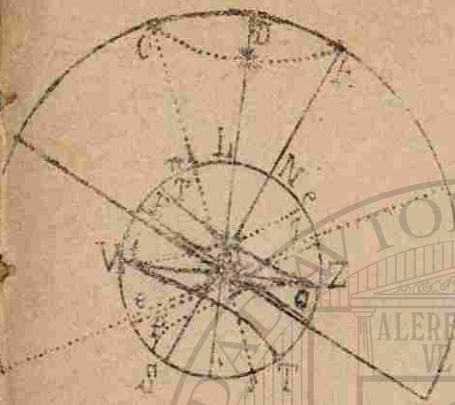


Fig. 18.



Fig. 19.

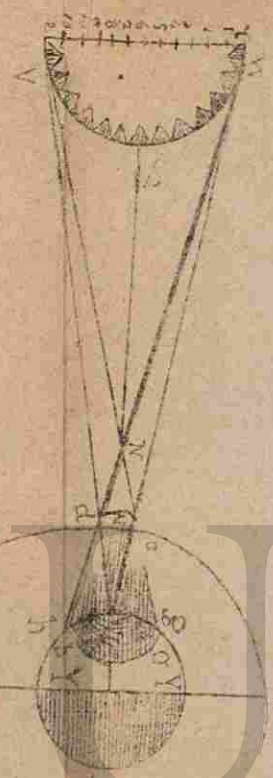


Fig. 20.

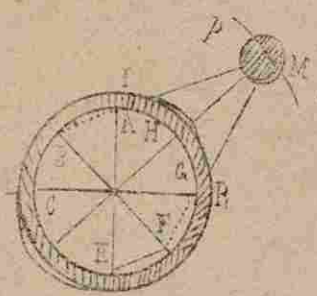


Fig. 21.

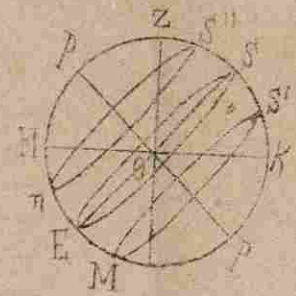


Fig. 22.

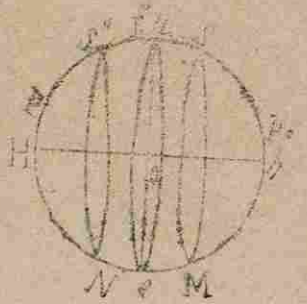


Fig. 23.

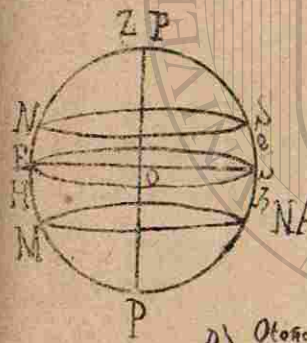


Fig. 24.



Fig. 25.

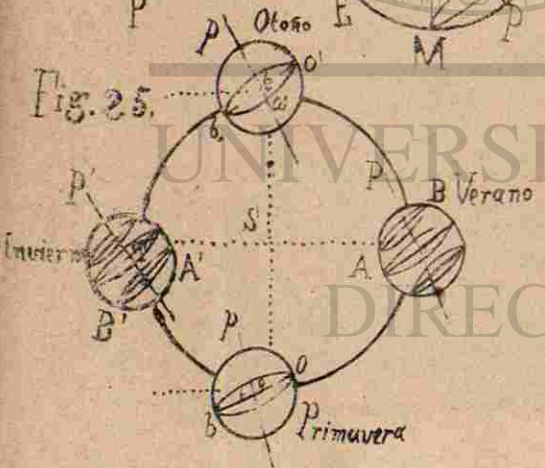
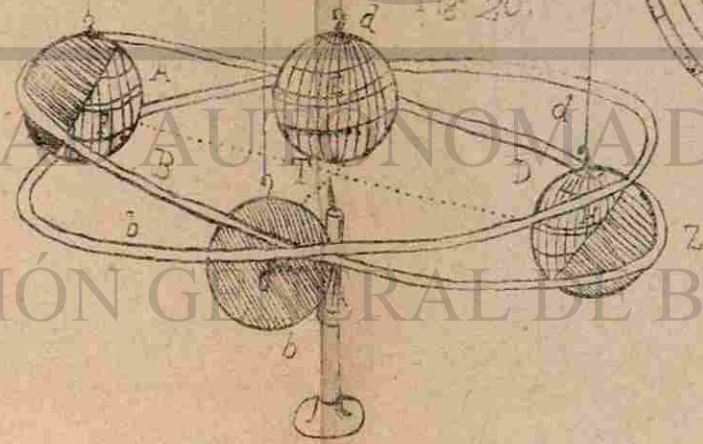


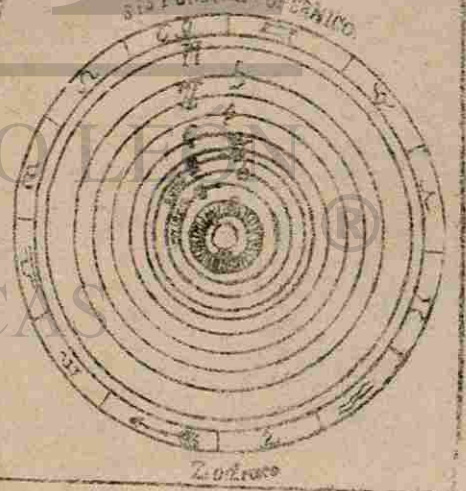
Fig. 26.



SISTEMA DE PTOLOMEO



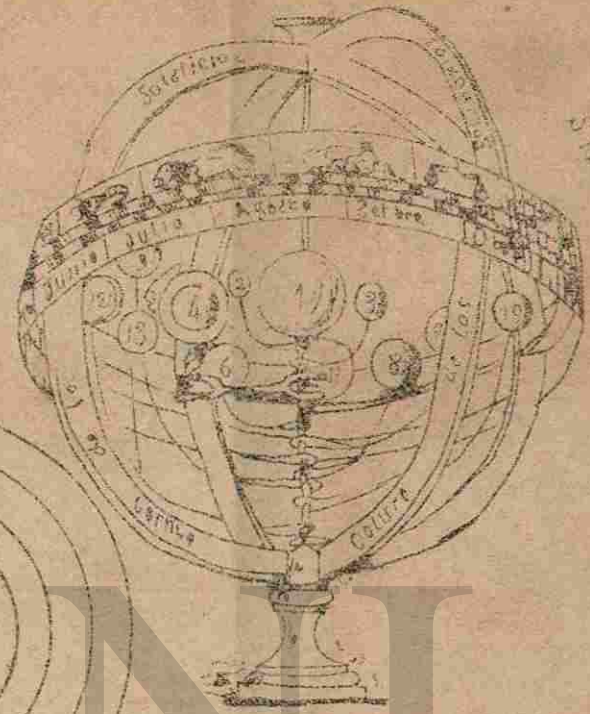
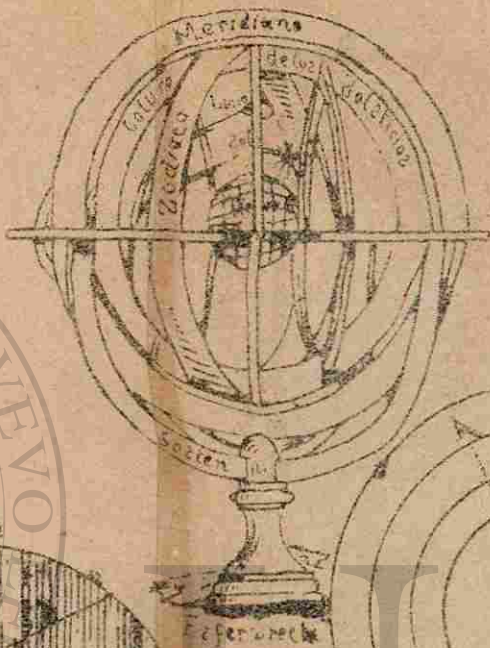
SISTEMA DE COPERNICO



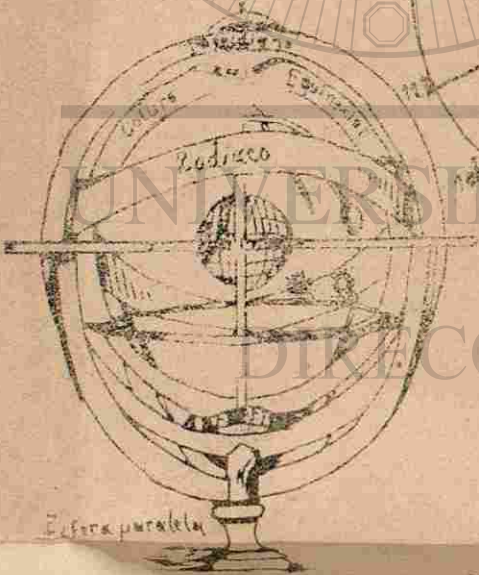
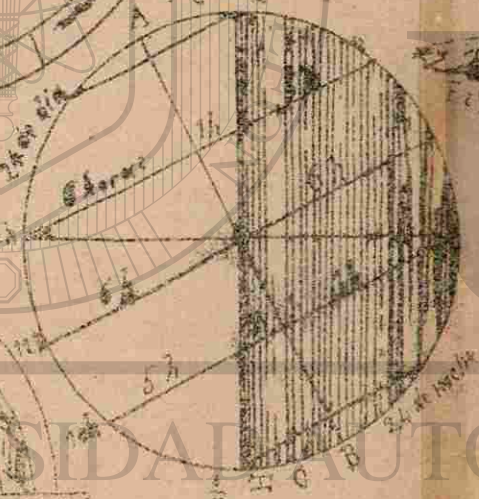
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Lit. del Roble. D.S.

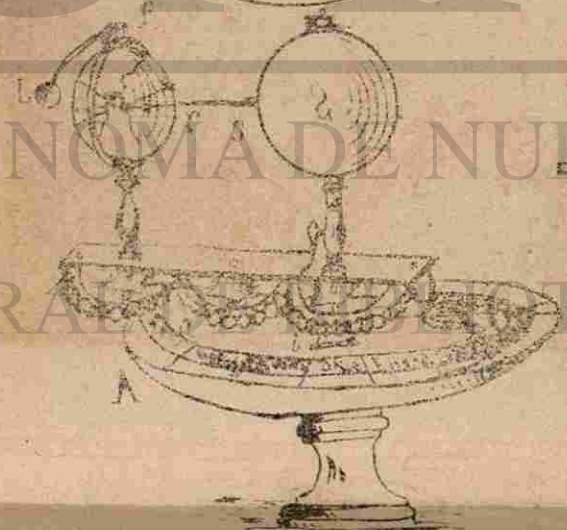




SISTEMA DE COPERNICO



Esfera paralela



Esfera oblicua





UEV  
OTEC