

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 allá 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 gravita todo 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 365 días 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 días 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 día 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.

Quando 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. Quando 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 eclíptica 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 eclíptica se deben á la accion del sol. En efecto, cuando la luna se acerca al plano de la eclíptica 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 eclíptica. De aquí procede el *movimiento retrógrado de los nudos*, y el cambio de inclinacion de la órbita sobre la eclíptica.

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 eclíptica, 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° mas al occidente, aunque continúe siempre cor-

respondiendo al equinoccio por un convenio de los astrónomos.

El movimiento retrógrado de los puntos equinociales 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 eclíptica, 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 equinociales 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 eclíptica BO mientras que los puntos equinociales 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 eclíptica que permanece inmóvil en el centro del círculo. Teniendo el eje de la tierra sobre el de la eclíptica 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 nuestro 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 ZOQ; el trópico de Cáncer TZ en VIZ el de Capricornio VT en VZ; y en fin, el sol que en la parte del cielo en que está ahora sobre el trópico terrestre de Cáncer 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, además 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° 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 día 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 *cabellera*.

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 escentricidad 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