

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° 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^a 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 proporcion de 1 á 1.3000.000.

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 *w* 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 *wv*, 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; ademas, halláse animado de un movimiento de rotacion sobre sí mismo que ejecuta

en veinte y cinco días. 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 *fácúlas*. 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 mediodía 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 *fácúlas* 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^o que las orillas del sol tienen una luz tan intensa como el centro; 2^o 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 descende 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 cimmas 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 ténue 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 días 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 días.

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