

no es uniforme, y presenta diferencias muy sensibles é importantes. Los procedimientos gráficos que hemos descrito más arriba, determinan los puntos en que las líneas rectas tiradas de la Tierra á la Luna y que hemos llamado *radios vectores*, encuentran á la esfera celeste; pero hasta ahora no nos han suministrado luz alguna, como indicamos, sobre la naturaleza de la curva que recorre la Luna; no sabemos, por ejemplo, si esta curva es un círculo ó una elipse; es preciso, pues, para conseguir este resultado, combinar con las observaciones de ascensión recta y de declinación, otras observaciones de diverso género propias para hacernos conocer si las distancias de la Luna á la Tierra son constantes ó variables. Con este objeto podemos servirnos del micrómetro, y aplicándolo á la medida del diámetro angular de nuestro satélite, veremos que su valor no permanece constante, y consecuentemente, que la distancia de la Luna á la Tierra cambia de un modo perpetuo, pues sería absurdo suponer que el diámetro real de este astro varíe durante todo el curso de una lunación y que presente cambios análogos en las lunaciones sucesivas. De otro lado, se comprende que estas distancias deben estar en razón inversa de los diámetros angulares, es decir, que el diámetro mayor debe corresponder á la menor distancia, y el más pequeño á la distancia máxima. Una serie de medidas distribuídas en todos los puntos de la órbita nos dará á conocer la relación de las distancias de la Luna á la Tierra en todos los periodos de una lunación; ahora bien, si se traza sobre un plano una serie de líneas rectas que formen entre sí ángulos iguales á los de los radios vectores de la Luna, en cada uno de los días que componen una lunación, y si luego se marcan en estas líneas longitudes inversamente proporcionales á los diámetros correspondientes de este astro, se obtendrá una representación exacta de la curva que recorre nuestro satélite. Por este medio se ha hallado que la órbita lunar es elíptica y que la Tierra está situada en uno de sus focos. La extremidad del eje mayor de esta elipse que se halla más próxima á la Tierra se llama *perigeo*; la extremidad diametralmente opuesta, *apogeo*, y el apogeo y el perigeo, considerados á la vez, se llaman *ápsides*, y el eje mayor ó línea que los une, línea de los ápsides.

Cuando la Luna se encuentra á su menor distancia de la Tierra, ocupa precisamente el punto que hemos llamado perigeo y su diámetro alcanza su mayor valor angular; al encontrarse en el apogeo, disminuye el valor de su diámetro y su distancia á la Tierra obtiene su valor máximo. Véanse en la figura de la página siguiente las dimensiones aparentes de la Luna á sus distancias máxima, media y mínima.

El diámetro aparente de la Luna cuando se encuentra á su distancia media de la Tierra, según observaciones telescópicas efectuadas por la noche, es de  $31' 9''$  ó  $1,869''$ ; pero este valor no es muy exacto y debe corregirse el efecto de la irradiación; cuando se obtiene el diámetro de la Luna por observaciones verificadas durante los eclipses de Sol, en cuyo caso la irradiación tiende á disminuir su tamaño aparente, pues entonces se presenta como un cuerpo negro sobre un fondo iluminado, su valor depende, en gran parte, de las condiciones del antejo que se emplee; pero de un promedio de gran número de observaciones resulta un diámetro de  $30' 55''$  ó  $1,855''$ .

Las variaciones del diámetro aparente de la Luna, según las distancias á que

se encuentre este astro de la Tierra, son más considerables de lo que pudiera creerse á primera vista:

	Diámetros de la Luna	Distancias á la Tierra
En el apogeo. . . . .	29' 20".9	0.9449
Distancia media. . . . .	31 5.1	1.0000
En el perigeo. . . . .	33 30.1	1.0549

La distancia del foco de la elipse en que la Tierra está situada al centro de la curva descrita por la Luna, distancia que se llama excentricidad, expresada en partes del semieje mayor, es igual á 0.548442. La excentricidad de la órbita terrestre es próximamente de 0.0168, es decir, inferior en una tercera parte á la

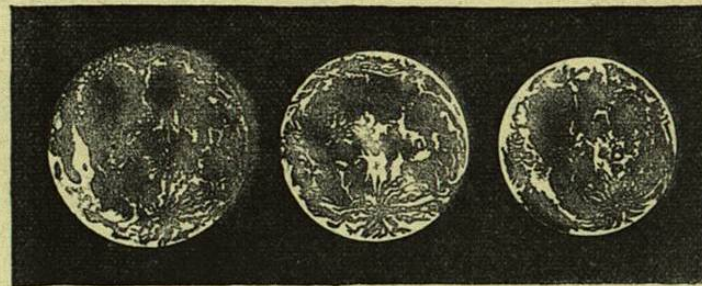


Fig. 120. — Dimensiones aparentes del disco lunar á sus distancias extremas y media de la Tierra

excentricidad de la órbita lunar, lo que equivale á decir que esta última curva tiene una forma más prolongada ó que difiere más de un círculo.

Las perturbaciones que experimenta el movimiento de nuestro satélite se deben á la acción combinada de las fuerzas atractivas de la Tierra y el Sol, que modifican de un modo en extremo sensible la forma elíptica que nos indicó al principio una primera aproximación; hemos visto que, en realidad, esta órbita no es una curva cerrada, pero ni aun siquiera plana. Mas si, en vez de relacionar la órbita de la Luna con la Tierra inmóvil, se investiga qué línea es la que describe la Luna en el espacio, por ejemplo, en el intervalo de un año, encontramos una línea que se aparta mucho más de la forma de la elipse. El movimiento de la Luna, tal como lo hemos estudiado hasta aquí, es un movimiento relativo; su movimiento real sólo se obtiene combinando este movimiento relativo con el de la Tierra alrededor del Sol. Teniendo en cuenta estos dos movimientos simultáneos, veremos que la órbita anual de la Luna es una curva de forma sinuosa como la que representa la fig. 121 si se restablecen las proporciones exactas que existen entre la distancia de la Tierra al Sol y la de la Luna á la Tierra; se ve que esta curva se compone de doce sinuosidades y algo más, cada una de las cuales comprende un arco interior y un arco exterior á la órbita de la Tierra; esta curva es una especie particular de epicicloide.



En la figura 121 se representa el desarrollo de la curva en el curso de un año entero, y vemos que la órbita aparece ya cóncava, ora convexa respecto del lado en que se halla el Sol; se demuestra, sin embargo, que no posee inflexión alguna y que presenta siempre su concavidad hacia el Sol. Además, es preciso no olvidar que no se trata de una curva plana, toda vez que su plano varía constantemente de posición y de inclinación sobre el plano de la eclíptica.

En la fig. 122 la curva se encuentra amplificada y referida al curso de la Luna durante una lunación.

En la explicación que dimos de las fases de la Luna hemos hallado la prue-

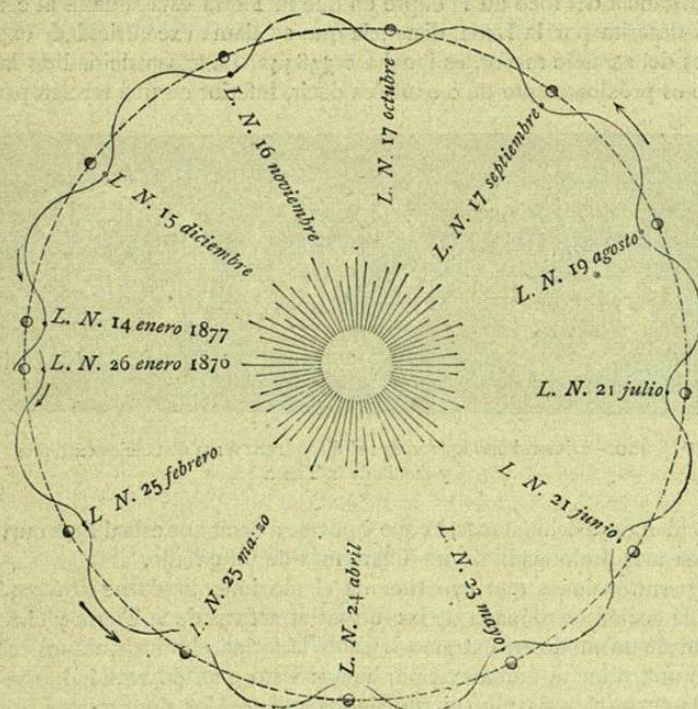


Fig. 121. — Movimiento de la Luna en el espacio; forma sinuosa de la órbita

ba decisiva de que la luz de nuestro satélite proviene de la del Sol; en contra de esta demostración no puede presentarse más que una dificultad. La totalidad de la Luna se distingue en circunstancias en que, según la teoría, no debiera percibirse sino una pequeñísima parte; esto se observa en los primeros días de la Luna (fig. 123), en los que, mirando con atención la falce lunar, se ve sin gran trabajo el resto del disco completo, iluminado por un reflejo débil y como fosforescente; á esta luz llaman los franceses *luz cenicienta*, nombre formado del latín *lumen incinerosum*; en Inglaterra se conoce popularmente por la Luna vieja entre los brazos de la nueva. Por supuesto que, después del último cuarto, cuando la parte brillante de la Luna se reduce á una hoz delgadísima, aparece de

nuevo la luz cenicienta. Según Schroeter y Lalande, es más viva hacia el tercer día antes y después del novilunio.

Es muy fácil observar, asimismo, que el contorno exterior de la parte brillante del disco parece que pertenece á una circunferencia de radio mayor que el de la circunferencia de la luz cenicienta. Esta es una ilusión producida por el fenómeno óptico de la irradiación que, como ya sabemos, da á los objetos unas dimensiones aparentes tanto mayores, cuanto más poderosa sea la intensidad de su luz propia ó reflejada. Una vista perspicaz y acostumbrada á la observación puede distinguir en buenas condiciones atmosféricas algunas manchas en el disco lunar iluminado por la luz cenicienta; con el auxilio de unos gemelos de teatro se distingue la luz cenicienta con claridad y durante mucho más tiempo que á la simple vista. Schroeter pudo observarla tres horas después del primer cuarto, pero valiéndose de un anteojo de dos metros de longitud con un aumento de 160 veces.

¿De dónde proviene la luz cenicienta? ¿Se deberá á una fosforescencia particular de la Luna? Después de muchas vacilaciones se ha llegado á descubrir con toda evidencia la causa de este fenómeno.

Los antiguos, que, como hemos podido ver en el curso de este libro, no tenían nociones muy positivas en astronomía física, dejándose guiar por los sentidos, creían que la luz cenicienta era una fosforescencia particular de la superficie de nuestro satélite; pero la explicación de este aspecto es tan sencilla que no deja lugar á duda de ninguna especie en cuanto á la causa productora de este interesante fenómeno.

El día de la Luna llena, los rayos solares reflejados por este astro iluminan la superficie de la Tierra con intensidad bastante para que se pueda suponer que un observador situado en nuestro satélite viese toda la extensión de un hemisferio terrestre (fig. 124). Asimismo la distinguiría, aunque más débilmente, el día del primer cuarto lunar, y más débilmente aún cuando tan sólo una pequeña falce ilumine nuestro globo; ahora bien, ¿en

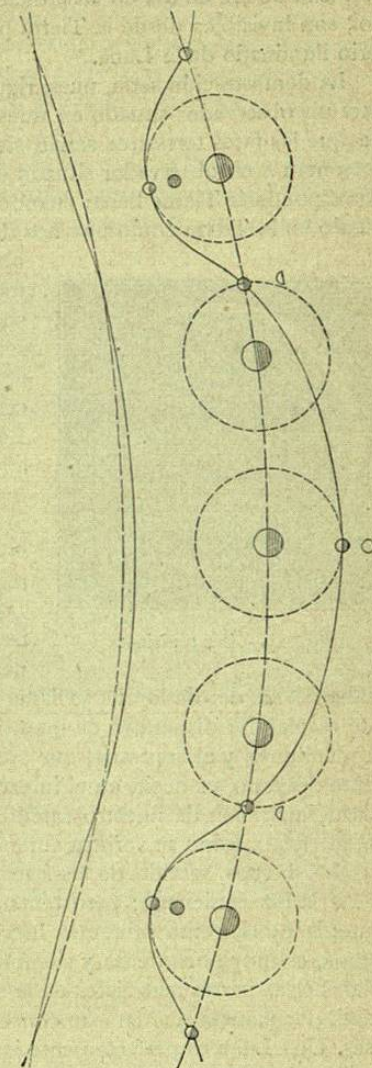


Fig. 122. — Movimiento de la Luna en el espacio durante una lunación



qué hecho nos hemos apoyado para explicar las fases de la Luna? En el hecho de que la Luna es un cuerpo opaco, sin brillo propio, é iluminado por la luz del Sol; en segundo lugar en el hecho de que en virtud de los cambios que se verifican de día en día en las posiciones relativas de la Tierra, de la Luna y del Sol, son invisibles desde la Tierra partes más ó menos considerables del hemisferio iluminado de la Luna.

La demostración sería, pues, rigurosamente aplicable á las fases de la Tierra para un observador situado en nuestro satélite, con la diferencia, no obstante, de que las fases terrestres serían siempre inversas de las lunares, tales como se presentan á un observador situado en la Tierra; de modo que, á Luna nueva correspondería Tierra llena; cuando la Luna apareciese para un observador colocado en la Tierra como una hoz delgadísima, se presentaría la Tierra, para un

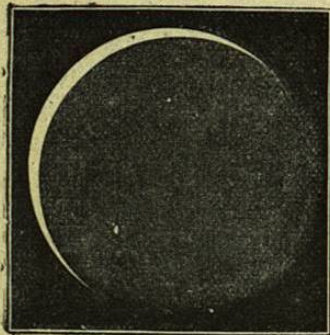


Fig. 123. - Luz cenicienta

observador situado en la Luna, como un círculo de luz, en el cual una parte semejante por su extensión comparativa al cuarto de la Luna, sería obscuro; pero como la extensión superficial de la Tierra es próximamente trece veces mayor que la extensión superficial de la Luna, se concibe que los rayos solares que aquélla envía por reflexión sobre la superficie lunar, sean bastante poderosos para que después de una segunda reflexión puedan hacer visible la porción de nuestro satélite, no iluminada directamente por los rayos del Sol.

Si la explicación de la luz secundaria que nos permite ver la parte de la Luna no iluminada por la luz del Sol, si la explicación que acabamos de dar de lo que se llama luz cenicienta es exacta, se comprende que este resplandor disminuya de intensidad, á medida que la Luna camina hacia su plenilunio, y al contrario, que crezca de día en día durante el curso descendente del astro, es decir, en el intervalo comprendido entre el día del plenilunio y la desaparición de nuestro satélite por la mañana en los rayos del Sol, y así es, en efecto, como se verifica el fenómeno.

Nos hemos servido de las fases de la Tierra vistas desde la Luna, para explicar la luz cenicienta; pero tenemos que hacer aquí una observación importante; la Luna, como sabremos luego, carece de atmósfera, ó al menos, si tiene alguna, es muy poco densa y siempre diáfana, por cuyo motivo llegan los rayos solares á las partes materiales de la superficie, donde se reflejan con igual intensidad, por manera que en este concepto deben parecerse por su brillo todas las fases. Una Luna es perfectamente igual á cualquiera otra anterior ó posterior, igualdad que no presentan las fases de la Tierra vistas desde la Luna; por efecto del movimiento de rotación de nuestro globo, cambia de un modo perpetuo la parte iluminada, y como abraza porciones más ó menos considerables de continentes ó tierra firme y de mares, en veinticuatro horas se verá desde la Luna variar rápidamente el brillo de las fases terrestres. Si nuestra atmósfera está serena y despejada, los rayos solares la atravesarán primero, se reflejarán

en la superficie del globo y volverán á atravesar la atmósfera en su camino hacia la Luna, sufriendo una doble debilitación en su poder luminoso; si la atmósfera estuviese completamente cubierta, formarían la fase los rayos reflejados en la superficie exterior de las nubes. Supongamos una atmósfera parcialmente diáfana y parcialmente cubierta, y supongamos asimismo que la luz que la Tierra refleja hacia la Luna proviene en parte de las nubes y en parte de la superficie material del globo; ahora bien, como estas dos clases de luz poseen intensidades muy distintas, no podrá predecirse cuál será el resplandor de la fase terrestre.

Vemos, pues, que bajo todos conceptos las fases de la Tierra vistas desde la Luna, difieren esencialmente de las fases de la Luna vistas desde la Tierra.

Dijimos que cuando la Luna es nueva, la Tierra está llena para el observa-

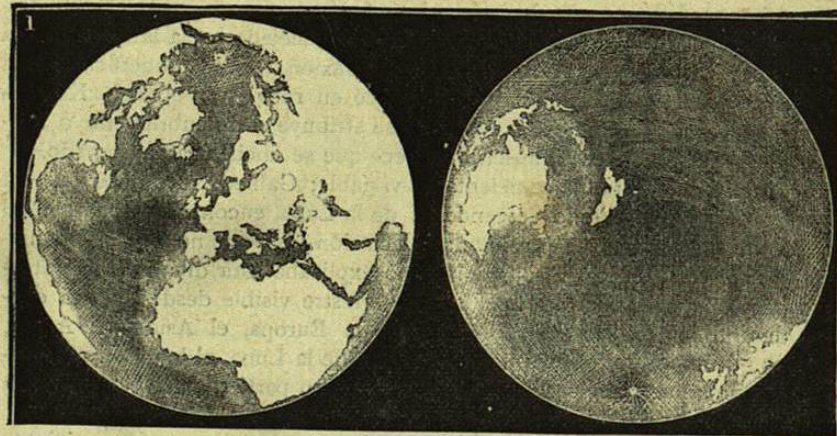


Fig. 124. - La Tierra desde la Luna; Tierra llena

dor lunar; en este caso la Luna se encuentra iluminada por la luz de un disco, cuya superficie es igual á 13 veces la superficie aparente de nuestro satélite en su lleno. Tal es la causa, como se ha visto, de la luz cenicienta; pero la superficie del disco iluminado será más ó menos brillante, según que abraza más ó menos continentes ó porciones de tierra firme, y según, también, que la atmósfera se halle más ó menos despejada. La intensidad de la luz cenicienta estará, pues, ligada no sólo con la extensión de la fase terrestre, sino también con el estado medio de la atmósfera, en el hemisferio de la Tierra visible desde la Luna, en el momento de efectuar la medición.

Las observaciones de la intensidad pueden, por lo tanto, darnos alguna idea sobre el estado medio de los hemisferios terrestres, que, por efecto del movimiento de rotación de nuestro globo, vienen á colocarse sucesivamente enfrente de la Luna. Las consecuencias de estas medidas fotométricas son bastante curiosas para que, dejando á un lado la teoría, se trate de establecer su posibilidad por medio de observaciones directas.



La luz secundaria que nos permite ver la totalidad de un hemisferio de la Luna, aun cuando la parte iluminada por el Sol se presente á nuestros ojos como una falce delgadísima, esta luz que hemos llamado cenicienta, fué observada por los antiguos que se vieron muy perplejos para explicarla. Posidonio pensaba que la materia de la Luna era diáfana, de tal suerte que los rayos del Sol penetraban más allá de la superficie iluminada directamente por este astro, y que luego nos eran enviados del mismo modo que los rayos que penetran en el interior de una nube.

Tycho Brahe creía encontrar el origen de la luz cenicienta en la luz de Venus, que después de iluminar la parte de nuestro satélite que no era visible desde el Sol, se reflejaba segunda vez hacia la Tierra. Algunos astrónomos dieron rienda suelta á su imaginación llegando á suponer que esta luz secundaria se debía á los resplandores estelares; finalmente, Moestlín, el maestro de Keplero, encontró la verdadera causa de este curioso fenómeno, en la luz solar, que después de haber llegado á nuestro globo y haberse reflejado hacia la Luna, volvía á la Tierra á consecuencia de una segunda reflexión sobre la superficie sólida de nuestro satélite. Esta explicación se publicó en 1604 en la obra de Keplero titulada *Astronomie pars optica*. En Italia se atribuye el descubrimiento á Leonardo de Vinci, en cuyos manuscritos parece que se encuentra consignado.

La intensidad de la luz cenicienta es variable; Galileo creyó notar que era más viva durante el período descendente de la Luna, encontrándola más débil en las otras fases; pero esto es sólo una apreciación vaga que no se apoya en ninguna medida fotométrica. El ilustre italiano explicaba esta diferencia de intensidad por la consideración de que la fase terrestre visible desde la Luna contiene durante el primer período citado, á la Europa, el Asia y el Africa, mientras que al contrario, durante la creciente de la Luna, el hemisferio terrestre, causa de la luz cenicienta, se compone en gran parte de la porción líquida de nuestro globo, á saber, del Océano Atlántico y del mar Pacífico.

Las observaciones de Galileo sobre el máximo brillo de la luz cenicienta durante el descenso de la Luna, fueron confirmadas por Hevelio y otros astrónomos modernos. Ciertamente es, empero, que el astrónomo de Dantzic creyó notar que la fase de la Luna, durante el descenso del astro, era menos brillante que la fase creciente, lo que parece indicar, suponiendo exacta la observación, que la parte occidental del disco lunar ofrece más aptitud para reflejar la luz del Sol, que la parte oriental. De este modo se explicaría, sin intervención de las propiedades reflectoras de los mares y los continentes, por qué la parte occidental, cuando sólo nos envía la luz cenicienta, es más viva que la región opuesta.

Hay una observación muy curiosa de Lambert, que nos parece digna de mención. «El 14 de febrero de 1774, dice el ilustre académico de Berlín, vi que esta luz, en vez de ser cenicienta, presentaba un color aceitunado... La Luna estaba entonces  $55^{\circ}$  más avanzada en ascensión recta que el Sol, con una declinación boreal de  $7^{\circ}$  y medio; y caía perpendicularmente sobre el Atlántico, mientras el Sol lanzaba á plomo sus ardientes rayos sobre los habitantes de la parte austral del Perú. El astro del día derramaba, pues, su mayor claridad sobre la América meridional, y si las nubes no oponían obstáculo alguno al progreso de la luz, este gran continente debía reflejar hacia la Luna una cantidad

bastante considerable de rayos verdosos, para colorear con este tinte la parte que el Sol no iluminaba directamente. Esta es la razón que creo poder alegar como explicación del color aceitunado de la luz de la Luna, que se llama comúnmente luz cenicienta.... Por manera que la Tierra, vista desde los planetas, podrá aparecer de un color verdoso »

Continúa el autor exponiendo que las apariencias varían sensiblemente, según la fuerza de los anteojos que se usaban en la observación. Arago, por su parte, sin tener conocimiento de las observaciones de Lambert, distinguió el 20 de noviembre de 1811, con auxilio de un anteojo sin acromatizar, la luz cenicienta muy brillante, pero de un color verde pálido, extremadamente pronunciado. Cambiando de anteojo y empleando uno acromático, pudo percibir, asimismo, la luz cenicienta verdosa, pero con un color menos sensible; esta observación fué confirmada por Bouvard y Mathieu. Al día siguiente había disminuído de intensidad la luz cenicienta, siendo su tinte verdoso menos sensible aún, si bien se distinguía fácilmente con el anteojo de noche no acromático. Introduciendo ó retirando el ocular, el borde de la Luna iluminado por el Sol pasaba sucesivamente por diversos tonos prismáticos, pero en ninguna de estas posiciones se distinguían colores irisados en el borde ceniciento; con un anteojo acromático excelente, que aumentaba 130 diámetros, se veía muy bien la luz cenicienta, pero no se distinguía en absoluto el tinte verdoso, que tan perceptible era con los anteojos sin acromatizar.

Del conjunto de estas observaciones deduce Arago que es posible que la luz cenicienta sea blanca, y que el tinte verdoso aparente debe atribuirse á un efecto de contraste, como consecuencia del color rojo ó anaranjado, que se percibe sobre la porción del disco iluminada por el Sol y sobre el borde de las manchas oscuras; puede ser que el tinte azul verdoso que nuestra atmósfera proyecta sobre toda la extensión del disco lunar, influya de un modo sensible en la producción del fenómeno, pero el número de observaciones es insuficiente para pronunciarse en ningún sentido.

Hacia la época de las cuadraturas no se distingue la luz cenicienta, ni á la simple vista, ni con anteojos de calidad inferior; Schroeter pudo observarla con un buen instrumento, dos ó tres días después de la primera cuadratura, y Hevelio tan sólo un día después de esta misma época.

Cuando la Luna se muestra al Oriente como una falce delgadísima, se encuentra muy próxima al Sol; dejamos de verla por algunos días, y al cabo de poco tiempo reaparece hacia el Occidente, con una fase semejante, pero inversa de la anterior. Si nos fijamos en el curso del astro durante los tres ó cuatro días de su desaparición, comprenderemos que el instante que separará el momento de su desaparición por la mañana y de su reaparición por la tarde, en dos partes iguales, será el momento en que la Luna se hallará exactamente interpuesta entre el Sol y la Tierra, ó sea en conjunción, y que entonces sólo recibirá luz en el hemisferio invisible para nosotros; el momento de la conjunción es también el fin de una lunación y el comienzo de la que sigue.

Es evidente que el instante de la Luna nueva, ó en otros términos, el momento en que principia el mes lunar, no puede determinarse por una observación inmediata, á menos de que en el instante preciso de la conjunción no haya



un eclipse, esto es, que la Luna se haga visible como pantalla que cubre al Sol. El momento en que principia el mes lunar se publica con anterioridad en las efemérides astronómicas y desde este instante se empieza á contar la *edad de la Luna*; se ha convenido en decir que la Luna tiene un día cuando sólo han pasado veinticuatro horas desde el instante de la conjunción ó Luna nueva; en las veinticuatro horas siguientes tiene la Luna dos días, siete en el primer cuarto y así sucesivamente.

La forma del disco lunar, plenamente iluminado, es la de un círculo perfecto, es decir, que sus diámetros medidos en todas direcciones y sentidos son iguales, de lo cual podemos deducir que la forma real de la Luna es la de una esfera perfecta. Sabemos que la Tierra y los demás planetas de nuestro sistema son esferoidales, esto es, que están más ó menos aplanados por los polos, y sabemos también que este achatamiento es consecuencia de la rotación del eje, dependiendo su magnitud de la velocidad del movimiento giratorio; en nuestro satélite es tan lento el movimiento de rotación sobre su eje, que el valor de la depresión polar, aunque existe sin duda alguna, es tan pequeño, que apenas podemos apreciarlo en nuestras observaciones. Por lo tanto, deberíamos deducir que la Luna es un cuerpo perfectamente esférico, si la teoría no nos demostrase que hay otra causa de perturbación, por cuya virtud ha sufrido nuestro satélite cierto cambio de figura.

Aceptando que la Luna haya estado alguna vez fluida y plástica, se demuestra que la atracción de la Tierra ha de haber acumulado una masa de materia, como la ola de la marea terrestre, en la dirección de la línea que une los centros de ambos cuerpos, y como consecuencia, que la verdadera estructura de la Luna debe ser la de un elipsoide, cuyo eje mayor se dirija hacia la Tierra. La exactitud de esta afirmación es evidente, por la coincidencia de los tiempos de las revoluciones, tanto de la Luna en su órbita, como del propio cuerpo sobre su eje. Sería contrario á toda probabilidad suponer que ambos movimientos hayan podido ser perfectamente iguales en su origen, dice Laplace; pero con admitir que su diferencia primitiva fuese muy pequeña, el influjo perpetuo de la atracción terrestre sobre la porción prominente de la Luna habría establecido la igualdad que ahora observamos.

Pero basta á nuestro propósito y á la clase de estudios que estamos haciendo, que consideremos la Luna como una esfera perfecta.

Para determinar el tamaño de la Luna, necesitamos dos datos: uno su diámetro angular ó aparente, y otro su distancia á la Tierra. El primero de estos elementos se obtiene midiendo el ángulo comprendido entre dos líneas que partiendo del ojo del observador, terminen en los limbos opuestos ó bordes de la Luna.

En la práctica se llevan á cabo estas mediciones con anteojos provistos de sus micrómetros y círculos divididos; la diferencia entre las lecturas del círculo cuando el anteojo se dirigió á limbos opuestos de la Luna, da su diámetro angular en el momento de la observación; pero como la órbita de la Luna es elíptica, se colige de un modo evidente que en ciertas ocasiones estará más cerca de nosotros, y en otras más distante, y que, por lo tanto, su magnitud aparente tiene que ser variable; hay también otra ligera variación que depende

de la altitud de la Luna en el instante en que se efectúe la medida; el diámetro medio, no obstante, ó de otro modo, el diámetro á su distancia media del centro de la Tierra, según un gran número de observaciones, se ha determinado que es de 31' 9".

Para convertir este diámetro angular aparente en medidas lineales efectivas, es necesario conocer la distancia de la Luna á la Tierra, ó lo que en lenguaje astronómico, y fundado en esta distancia, se llama la *paralaje* de la Luna. Paralaje, en general, se llama al cambio aparente de posición que sufre un objeto al variar el punto de vista ó de observación; la paralaje de un cuerpo celeste, que ya hemos definido, se contrae al ángulo que subtiende la Tierra vista desde el astro que se considere. Supongamos que un observador colocado en la Luna pudiera medir el diámetro angular de la Tierra del mismo modo que nosotros medimos el de la Luna, en cuyo caso el valor que obtuviese representaría lo que se llama paralaje de la Luna. Pero, por desgracia, nos está vedado el ir á la Luna á verificar esta medición; hay, sin embargo, unos métodos muy sencillos, que explicaremos más adelante, que permiten averiguar el valor de este ángulo; basta por ahora á nuestro objeto, que digamos que el ángulo subtendido por la Tierra, según se vería desde nuestro satélite, es igual á 1° 54' 5" según las observaciones más recientes y exactas; valor que no es permanente, pues varía de un modo considerable en relación con las distancias de la órbita elíptica de la Luna; el número anterior representa la paralaje media ó la paralaje á la distancia media.

Mas ahora tenemos que convertir esta medición angular en leguas, lo cual fácilmente obtendremos considerando que el diámetro angular de la Tierra, visto desde la Luna, es al diámetro angular de la Luna, visto desde la Tierra, como el diámetro de la Tierra en leguas, es al diámetro de la Luna en leguas. Sabemos que el diámetro de la Tierra es de unas 3.184 leguas y podemos formar, pues, la sencillísima proporción siguiente:

$$1^{\circ} 54' 5'' \text{ es á } 31' 9'' \text{ como } 3.184 \text{ es á } 870;$$

por lo tanto, el diámetro de nuestro satélite es de 870 leguas. Conocido el diámetro, con igual facilidad podemos obtener los demás elementos de magnitud; por medio de la conocida relación del diámetro de una esfera con su superficie, hallamos que el área de la Luna mide 38 millones de kilómetros cuadrados y la mitad de esta cifra, esto es, 19 millones de kilómetros cuadrados, es el área del hemisferio que podemos contemplar de una vez; su volumen es de 22.000 millones de kilómetros cúbicos.

Comparando estas cifras con las dimensiones correspondientes de la Tierra, vemos que el diámetro de la Luna viene á ser  $\frac{1}{39,6}$  del diámetro terrestre; su área  $\frac{1}{131,4}$  del área ó superficie de la Tierra; y su volumen  $\frac{1}{49,2}$  del volumen de nuestro planeta. Pero más fácilmente se juzgará de las relaciones que existen entre las magnitudes de ambos cuerpos con una comparación gráfica, como la que se representa en la fig. 125. Vemos que la superficie del disco lunar equivale á la superficie del imperio ruso y que el área total es algo menor que la décimatercera parte del área del globo terrestre, y unas cuatro veces mayor que el continente europeo. En la fig. 126 presentamos otra comparación gráfica que habla aún con más claridad que el grabado anterior.



Si de las dimensiones lineales y superficiales pasamos al volumen, vemos que harían falta 49 esferas como la de la Luna, para formar un globo del tamaño de nuestro planeta; el Sol y Luna parece que ocupan espacios iguales en el cielo, y sin embargo, para obtener un volumen de la magnitud del astro lumínico del día sería necesario reunir nada menos que 62 millones de Lunas.

La masa ó peso de la Luna se ha determinado por varios métodos, ora sencillos, ya complicados, que no podemos desarrollar aquí, pero de los cuales daremos siquiera una breve idea. Uno de los más fáciles de comprender se apoya en el fenómeno de las mareas. La masa de la Luna atrae las aguas del mar produciendo cierta elevación periódica en la envoltura líquida del globo terrestre; el Sol, por su parte, también obra de igual manera, pero en grado mucho menor, en razón á la gran distancia á que se encuentra; midiendo con gran escrupulosidad las alturas de las mareas lunar y solar, y llevando en cuenta la diversa distancia á que se encuentran respectivamente de la Tierra la Luna y el Sol, podemos comparar el efecto que se debe á cada uno de estos luminares; y como las masas de ambos cuerpos son proporcionales á los efectos que producen, es evidente que podemos establecer una comparación entre la masa del Sol y la de la Luna, puesto que conocemos por separado el valor de la masa solar. Sólo tendremos que establecer, para averiguar la masa de la Luna, una sencillísima proporción.

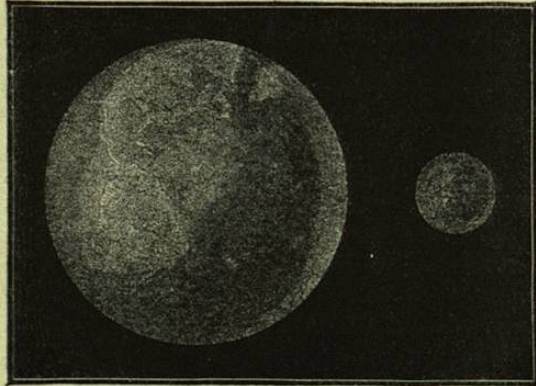


Fig. 125. - Dimensiones comparadas de la Tierra y la Luna

El otro método se funda en que la Luna se halla sujeta en su órbita por la fuerza de atracción de la Tierra, fuerza que, si llegara á faltar, haría que la Luna se alejase de nosotros según una línea tangente á su órbita; por lo tanto, pudiéramos decir que está dotada de la propiedad, ó que tiene una tendencia constante á apartarse de su órbita, tendencia constantemente contrarrestada también por la fuerza de la atracción terrestre. De aquí se desprende, con toda evidencia, que la Tierra atrae á la Luna hacia sí con una fuerza determinada, en cada segundo de tiempo; pero á la vez que la Tierra atrae á la Luna, también nuestro satélite parece tirar de nosotros, si bien cada cuerpo ejerce su influjo con una intensidad que está en relación con su masa; y como la masa de la Tierra es mayor que la de su satélite, lo atrae con más fuerza; conociendo, como conocemos, con gran exactitud, la masa de nuestro planeta, podemos, pues, calcular qué cantidad de fuerza atractiva le corresponde, y lo que falte para completar la fuerza atractiva de ambos cuerpos será la intensidad de la atracción de la Luna; la proporción de este residuo, verificando una sencilla operación

504

aritmética, nos da el valor de la masa lunar. Por medio de estos y otros métodos se ha determinado en diferentes ocasiones la masa de nuestro satélite, que estiman los astrónomos en  $\frac{1}{80}$  parte de la masa total del globo terráqueo.

Indicamos en las páginas anteriores que la densidad media de la Tierra era cinco veces y media mayor que la del agua, lo que equivale á decir que, colocado el planeta en el platillo de una balanza, sería necesario, para equilibrarla, poner en el otro platillo cinco esferas y media de agua del mismo tamaño; ahora bien, un metro cúbico de agua pesa una tonelada, y multiplicando esta cifra por el número de metros cúbicos de la Tierra, y este producto por  $5 \frac{1}{2}$ , obtendremos 5.842 trillones de toneladas como peso de nuestro globo; y toda vez que la masa de la Tierra es 80 veces mayor que la de la Luna, es obvio que nuestro satélite pesa 73 trillones de toneladas.

El volumen de un cuerpo comparado con su peso, nos permite averiguar su densidad, que no es otra cosa sino la relación que existe entre estos dos elemen-

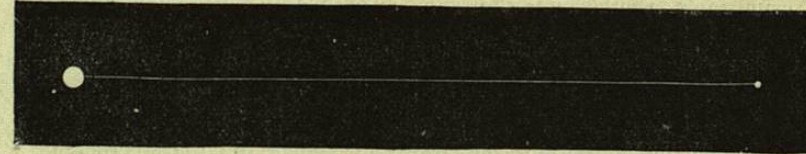


Fig. 126. - La Tierra y la Luna; comparación de sus dimensiones y distancias reales

tos. En la Luna tenemos 22.000 millones de kilómetros cúbicos de materia, cuyo peso total es de 73 trillones de toneladas. Ahora bien, 22.000 millones de kilómetros cúbicos de agua pesarían próximamente  $21 \frac{1}{2}$  trillones de toneladas, y como este número es respecto de 73 como 1 es á 3.4, es claro que la densidad de la materia lunar es 3.4 veces mayor que la del agua; y siendo asimismo la densidad de la Tierra  $5 \frac{1}{2}$  veces superior á la del agua, vemos que la Luna es 0,6 veces tan densa como nuestro globo, ó que las substancias que componen el mundo lunar son más ligeras; luego, volumen por volumen, la densidad media de ambos globos se encuentra en la relación de 62 á 100, ó aproximadamente de 6 á 10.

Densidad de la Luna. . . . .	3.4
» del diamante. . . . .	3.5
» del arsénico. . . . .	3.6
» del granate. . . . .	3.6
» de la turmalina. . . . .	3.5
» de los meteoritos. . . . .	3.7
» del cristal. . . . .	3.3

Una esfera del tamaño de la Luna, hecha de cualquiera de estas substancias ó de todas ellas juntas, pesaría lo mismo que nuestro satélite.

Volviendo ahora á hablar de la masa de la Luna, recordaremos que la masa ó peso de un cuerpo planetario determina el peso de todos los objetos que haya en su superficie; lo que en la Tierra llamamos un kilogramo, no representaría la misma unidad en la Luna, por la razón siguiente: cuando decimos que tal ó tal