§ 4.

Magnitud del sol.

Volúmen.—Masa.—Densidad.

168. De las variaciones del diámetro aparente del sol, de que hemos hablado en el § 7 del cap. precedente, resulta que sacando los valores extremos, el diámetro medio es = 32′,3″,3. Sabemos que los diámetros reales de dos astros, vistos á la misma distancia, son proporcionales á sus diámetros aparentes. Siendo, pues, el diámetro medio aparente del sol = 32′,3″,3 y conociendo por otra parte el valor del diámetro aparente de la tierra, visto desde el sol, que es = 17″,67, podremos hallar el diámetro verdadero del disco solar. Llamando D á este diámetro, y d al de la tierra, Δ' y δ' los diámetros aparentes respectivos, resulta:

$$\frac{\Delta'}{\delta'}=\frac{D}{d}=\frac{32',3'',3}{17'',67}=\frac{1923'',3}{17'',67}, \text{ de donde } D=\frac{1923'',3\times d}{17'',67,}=108,8\times d,$$

es decir, que el diámetro del sol es casi 109 veces el diámetro terrestre, y siendo este = 12,733,557^{m}: el del sol será:

12,733,557^{m} × 109 = 1,387,957,713^{m} = 312,321 leguas. De este cálculo tan sencillo podemos deducir su circunferencia y su volúmen. Para la primera, siendo $C=2\pi R$, resulta:

$$312,321^{leg.}\times\pi=312,321\times 3,14=980,687^{leg.}$$

Para el segundo, siendo los volúmenes de dos esferas entre sí como los cubos de sus diámetros, resultará: $\frac{V}{V}=\frac{D^3}{d^3}=\frac{312,321^3}{2,865^3}$, de donde

$V=\frac{312,321^3\times V'}{2,865^3}$, lo que dá para el volúmen del sol 1.223,152 veces el volúmen de la tierra. Podemos formarnos una idea de esta dimension tan desmesurada, suponiendo un globo cuyo diámetro fuera igual al de la órbita de la Luna; este no seria más que la octava parte del globo solar. La masa del sol, ó sea la cantidad de moléculas materiales de que se compone, es 326,800 veces mayor que la de la tierra. Ahora, estando la fuerza de gravedad en proporcion con la masa, y en razon inversa del cuadrado de la distancia, se sigue que la gravedad en la superficie solar es 28 veces mayor que sobre la

que conservara su velocidad inicial de 500 metros por segundo, llegaria hasta el sol en 10 años. El sonido en circunstancias iguales á las de nuestra atmósfera, necesitaria 15 años. La electricidad que en un alambre de cobre recorre 180.000 kil., por segundo, emplearia 12 minutos; en fin, la luz, el más rápido de los agentes, necesita 8 minutos para recorrer toda esa distancia.

superficie terrestre. Allí no podria un hombre sostener su propio peso, y se sentiria como aplastado por una fuerza invisible. La densidad relativa del sol es = 0,255 de la de la tierra, y siendo esta =5,44 con relacion al agua destilada á 4° sobre cero, se sigue que la densidad del sol es = 0,255 × 5,44 = 1,3872, es decir, poco más que el agua misma.

§ 5.

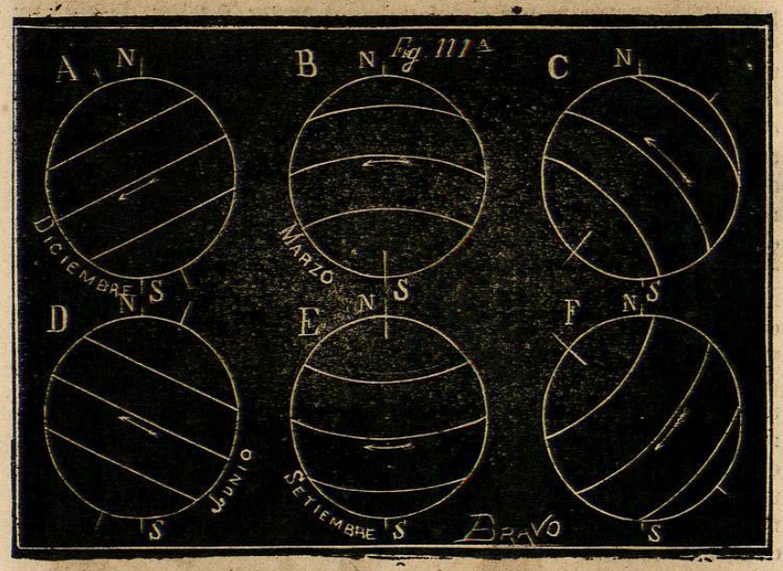
Manchas.

169. Si se observa atentamente la superficie del disco solar por medio del telescopio, facilmente se reconoce que en toda su extension no es igualmente luminosa, sino que aparecen de vez en cuando unas manchas negras, las cuales al principio se presentan como pequeños puntos negros, y despues de unos cuantos dias se las vé aumentar en magnitud y variar en su forma. El aspecto con que se presentan, no es siempre el mismo: unas veces se ven redondas, otras largas y sinuosas; algunas están aisladas, otras forman grupos, pero todas generalmente constan de dos partes, á saber, de *núcleo* y de *penumbra*. El *núcleo* es la parte negra central, la *penumbra* es una parte exterior de la mancha, la cual es mucho más clara que el núcleo negro de la misma. Ordinariamente la penumbra está constituida por una especie de ramificaciones oscuras, que salen de la parte central y se extienden al rededor de ella. El 6 de Mayo de 1857 apareció una en forma de remolino, y fué vista en el observatorio del Colegio Romano á las 11^{h} A. M. En el espacio negro del núcleo [fig. 110], cuya forma era muy semejante á una espiral, existian dos hoyos negros, rodeados por ramificaciones luminosas, que tambien conservaban la forma de espiral. A la 1^{h} de la tarde ya habia cambiado su aspecto: los dos hoyos negros se habian confundido en uno, y la forma del núcleo habia pasado á ser casi redonda, desapareciendo aquella especie de lengua luminosa que en él se internaba. Estas variaciones demuestran que existe en el sol una agitacion y movimiento muy rápido, y en una escala muy fuera de lo que se puede ima-

Fig. 110.

ginar. Un segundo en arco, para un observador sobre la tierra, corresponde en la superficie solar á 170 leguas, y un círculo de su diámetro que comprenderia más de 22.000 leguas cuadradas, es el menor espacio que podemos ver distintamente sobre la superficie del sol. De consiguiente, una mancha cuyo diámetro se viese bajo un ángulo de 2′ y se han observado varias, daria una extension de 16.000 leguas, es decir, cinco veces mayor que el diámetro terrestre.

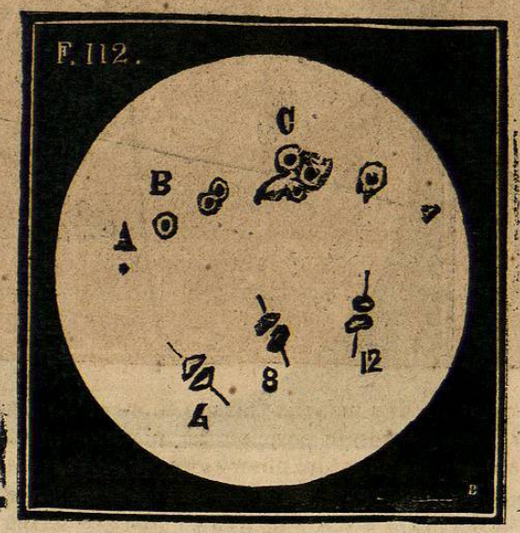
170. Las muchas observaciones hechas sobre las manchas solares han dado á conocer: 1º que varian de lugar de un dia para otro con movimiento regular, el cual no puede ser otro que el de una rotacion circular: 2º que su marcha aparece más rápida cuando se hallan cerca del centro, que en las extremidades del disco: 3º que de su movimiento regular se deduce el movimiento de rotacion del sol al rededor de su eje en 27 dias y cuarto: 4º que además tienen un movimiento propio, y por lo tanto, se hace algo más dificil la determinacion de la rotacion del sol con exactitud y precision: 5º que



el curso de una mancha trazado sobre el disco solar, es rectilíneo ó curvilíneo, segun la posicion del plano del ecuador solar, con respecto á la posicion del observador. En los meses de Marzo y Setiembre, las trayectorias descritas por las manchas son elipses muy oblícuas, con la diferencia de que en Marzo vuelven su convexidad al N. [fig. 111, B], y en Setiembre la vuelven al S. [fig. 111, E]; en

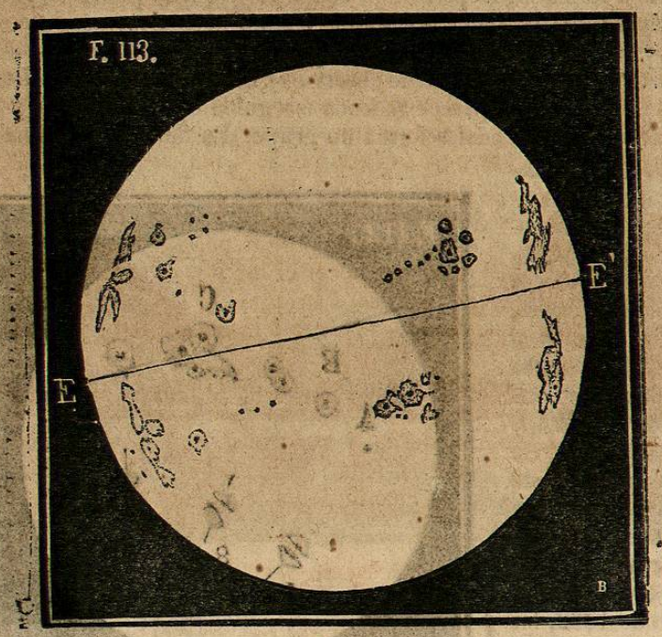
los dos casos, el eje mayor de las elipses se halla casi paralelo á la eclíptica. Disminuye ó aumenta la curvatura, segun que sea del equinoccio al solsticio, ó del solsticio al aquinoccio, inclinándose al mismo tiempo sobre el plano de la elíptica [fig. 111, CF], hasta que en los meses de Junio y Diciembre se trasforman en línea recta, aunque en posicion diferente [fig. 111, AD]. De la variacion de estas elipses se ha deducido que la inclinacion del Ecuador solar sobre la eclíptica es $=7°,45'$.

171. Ordinariamente las manchas aparecen en dos fajas por uno y otro lado del Ecuador, aunque no muy cerca de él: sus límites aproximadamente son de los 10° á los 45°: más allá de estos límites rara vez se han observado; si se han visto tal vez en el mismo ecuador, pronto han desaparecido; cerca de los polos nunca se han visto. La forma de las manchas como hemos dicho es muy variable; y esto se verifica no solo comparándolas unas con otras, sino tambien consigo mismas en diferentes tiempos. Por lo general, cuando empiezan á formarse, se presentan como un pequeño punto negro que se llama *poro;* este vá aumentando poco á poco y formándose al rededor del núcleo la penumbra. A veces no solo aumenta extraordinariamente, de modo que puede observarse hasta con la simple vista, sino que la mancha aparece rodeada ó seguida de varias otras y más pequeñas, con las cuales forma un grupo. La fig. 112 dá una idea de la trasformacion de las manchas. A, es un poro. B el mismo poro aumentado y con su penumbra, que ha pasado al estado de mancha propiamente dicha; C, un grupo de manchas. En la parte inferior está representada una mancha que pude observar yo mismo en el mes de Julio de 1862, los dias 4, 8 y 12. El dia 4 era bien redonda, y solo debajo del núcleo habia unos puntos negros muy pequeños, que for-



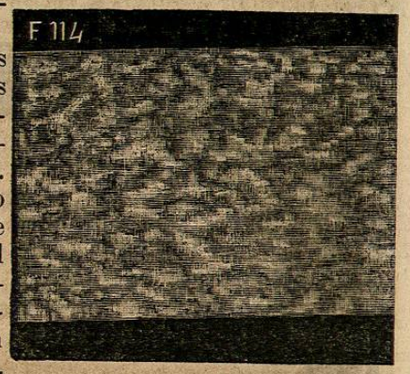
maban una especie de corona; el dia 8 se habia dividido en dos, habiendo disminuido su dimension: el 12 se hallaba todavia dividida, pero se conocia claramente el movimiento de rotacion de ambas partes al rededor de su centro, como lo ponen de manifiesto las líneas que representan la direccion del eje.

172. Lo que sean las manchas y de qué dependan, lo veremos despues tratando de la constitucion física del sol. A más de las manchas, existen en el sol las *fáculas*, y son una especie de nubes más blancas y más luminosas que las demás partes del disco solar. Su forma á veces es casi redonda, pero más frecuentemente presentan una forma elíptica muy extendida. Ordinariamente preceden á la formacion de una mancha y la acompañan. Son principalmente visibles cerca de los bordes del sol, desapareciendo cuando la mancha vá acercándose al centro; la razon de esto es sin duda por ser el sol más luminoso en el centro que en los bordes, como está ya averiguado. La fig. 113 representa el disco solar con sus fáculas y man-



chas: EE' indica la direccion del Ecuador solar. Ese aspecto presentaba el sol pocos momentos antes que se verificara el eclipse total del 18 de Julio de 1860.

173. La superficie misma del sol no presenta un brillo uniforme, sino que está toda sembrada de pequeños puntos más luminosos que se llaman *lúculos*, y que dán á toda la superficie un aspecto de marmol jaspeado. La fig. 114 representa una parte de la fotosfera luminosa del sol, tal como se la observa con buenos telescopios.



174. La observacion de las manchas solares data desde los principios del siglo XVII, es decir, desde la invencion del telescopio hecha por Galileo. El P. Scheiner, jesuita, fué el primero que observó el curso entero de las manchas sobre el disco del sol, dos de las cuales pudo estudiar detenidamente en 1627, desde el 2 hasta el 14 de Marzo y son las representadas en la fig. 115. Los lugares en que se halla representada la mancha con simples puntos, indican los vacíos debidos á la falta de observacion á causa de las nubes. A dicho astrónomo se debe tambien el descubrimiento de que las manchas no son de tinte uniforme, sino que se distingue en su centro una parte más negra que se llama *núcleo*, rodeado por otra ménos luminosa que se llama *penumbra*. En esa misma época Galileo observó que los intervalos en el curso ordinario de una mancha, varian segun lo exige el escorzo de la perspectiva sobre una esfera. Con todo, si es justo reconocer el mérito, es preciso confesar que antes de Scheiner y Galileo, fueron vistas las manchas por el astrónomo Fabricius, aunque fué solo á la simple vista y sin instrumento.

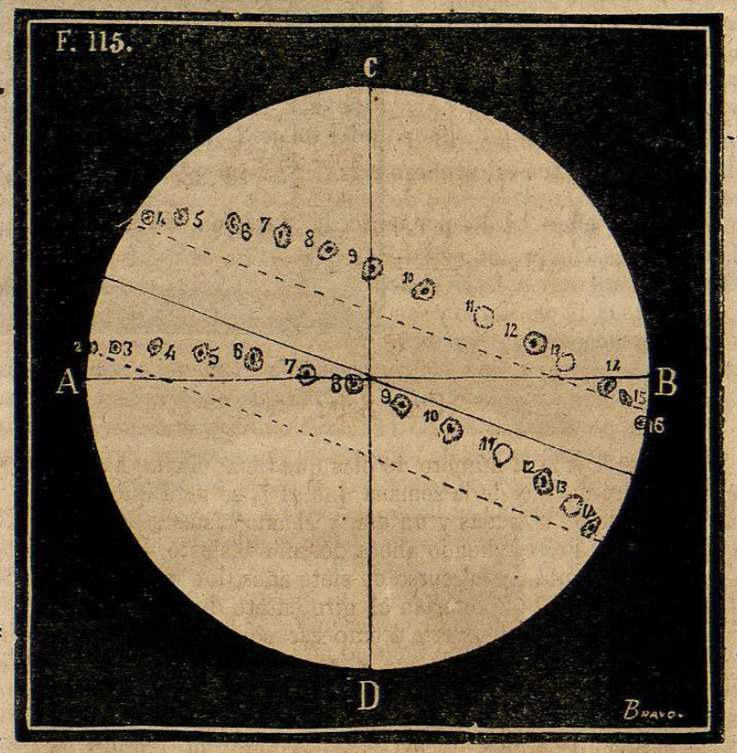
175. No pertenece á la naturaleza de esta obra, entrar en más detalles sobre este punto, que ha formado uno de los principales estudios de la astronomía moderna y que tanto ha hecho adelantar en la investigacion de la constitucion física del sol. Baste solo haber indicado esta materia en cuanto podia convenir al objeto de los presentes elementos.

§ 6.

Rotacion del Sol.

176. El movimiento regular de las manchas del E. al O., indica sin duda un movimiento de rotacion del disco solar al rededor de su

eje, del mismo modo que lo tienen todos los planetas y cuerpos celestes. Por medio de este movimiento se ha podido determinar los elementos de dicha rotacion, á saber, la posicion del eje al rededor del cual se efectúa la rotacion y el tiempo de su duracion. En cuanto á la primera, se ha hallado que el Ecuador solar solo está inclinado so-



bre la eclíptica 7°,20′; y en cuanto al segundo, se sabe que la duracion de una rotacion es de 25 dias y un cuarto. Por una rotacion tan lenta en un cuerpo tan vasto no es facil hallar aplastamiento sensible. Mas hay aquí que distinguir los movimientos aparentes y los reales. La traslacion de la tierra al rededor del sol, dá lugar á una rotacion aparente en el disco solar. Si el sol estuviese fijo, un observador, desde la Tierra, veria todo el contorno del sol en el curso de un año; y como él se creeria inmóvil, le pareceria que el sol daba una vuelta sobre un eje al rededor de sí mismo en el sentido retrógrado. Pero como el sol tiene un movimiento de rotacion al rededor de su eje en el mismo sentido que la tierra, el efecto producido será

la resultante de estas dos rotaciones, una aparente y retrógrada, la otra real y directa. Esta es causa de que una mancha vuelva aparentemente á su posicion primitiva, despues de una rotacion solar, al cabo de 27 dias y medio. En esto se realiza el mismo fenómeno que en un viajero que diese vuelta al rededor del mundo dirigiéndose al O. el cual al cabo de un año, se hallaria con un dia menos. Del mismo modo, al cabo de un año, el observador habrá visto completarse una rotacion entera aparente en sentido contrario á una rotacion real, y por consiguiente, habrá perdido el efecto de una rotacion de las que realmente ejecuta el sol. Ahora, siendo el año de $365^{d},25^{cent.}$, y la rotacion aparente del sol de $27^{d},5$, tendremos el número de rotaciones expresado por $\frac{365^{d},25}{27^{d},5} = 13^{r},28$; las rotaciones reales serán pues $= 14,28$; por tanto, la duracion de una rotacion real vendrá expresada por $\frac{365^{d},25}{14,28} = 25^{d},57$.

§ 7.

Ciclo Solar.

177. Si se divide el número de dias que tiene el año, á saber 365, por el número de dias de la semana que es 7, se verá que el año comun consta de 52 semanas y un dia, y el año bisiesto de 52 semanas y dos dias. Prescindiendo ahora del año bisiesto, que no existia en tiempos antiguos, en el curso de siete años, los primeros dias de los años sucesivos, completarian el giro entero de los dias de la semana, y el octavo año volveria á empezar como el primero. Así, si el primer año empieza por Lúnes, el segundo empezaria por Mártes, el tercero por Miércoles, etc., y terminado el periodo de los siete dias de la semana, el año octavo volveria á empezar por el Lúnes. A este periodo de siete años, los Hebreos dieron el nombre de *ciclo solar*. Posteriormente las reformas Juliana y Gregoriana, aumentaron en un dia este periodo cada cuatro años; de modo que el periodo de los Hebreos ya no puede subsistir; de suerte que por la dicha intercalacion, el ciclo solar actual viene á constar de cuatro veces el periodo de los hebreos, á saber de 28 años; es decir, que si antes, al cabo de siete años, empezaba Enero por el mismo dia, ahora sucede esto sólo despues de 28 años.

178. Ahora bien, como la série de estos periodos, retrogradando hácia su orígen, empieza á contarse 9 años antes de la era cristiana, para hallar el número del ciclo solar, bastará añadir 9 unidades al año de que se trata, y dividiendo la suma por 28, la resta dará el