

CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES DE ASTRONOMÍA

POR

J. NORMAN LOCKYER

MIEMBRO DE LA SOCIEDAD REAL, CORRESPONDIENTE DEL INSTITUTO
DE FRANCIA, AUTOR DE LAS "LECCIONES ELEMENTALES
SOBRE ASTRONOMÍA," ETC

CON LÁMINAS

NUEVA YORK

D. APPLETON Y CÍA., LIBREROS-EDITORES

ANGEL ESTRADA

AGENTE GENERAL PARA EL RIO DE LA PLATA

Buenos Aires, Bolívar, 194, 196, 198, 200, 202 y 204

Montevideo, Casa A. Beduchaud, Sarandí, 177

CARTILLAS CIENTÍFICAS *redactadas*
por los Profesores HUXLEY, ROSCOE, *y*
BALFOUR STEWART.

IV

NOCIONES DE ASTRONOMÍA



Un Cráter lunar.

CARTILLAS CIENTÍFICAS

*Duplic. del
No 5800*

NOCIONES DE ASTRONOMÍA

FOR

J. NORMAN LOCKYER

MIEMBRO DE LA SOCIEDAD REAL, CORRESPONDIENTE DEL INSTITUTO
DE FRANCIA. AUTOR DE LAS "LECCIONES ELEMEN-
TALES SOBRE ASTRONOMÍA," ETC



105/150.

NUEVA YORK
D. APPLETON Y COMPAÑÍA
549 BROADWAY 551
1880

COPYRIGHT BY
D. APPLETON & COMPANY,
1879.

ADVERTENCIA DEL AUTOR

HE tratado, al escribir este librito, de ayudar al lector, por medio de experimentos sencillos, á formarse verdaderas ideas de los movimientos de los cuerpos celestes ; y de dar luégo una indicacion del lugar de la Tierra en la Naturaleza, y del uso que se hace de los cuerpos celestes para los conocimientos geográficos.

Mucho me ha ayudado mi amigo, Mr. G. M. Seabroke, del Observatorio del Temple, en Rugby, á quien debo por ello reconocimiento.

J. N. L.

DOS CARTAS QUE PUEDEN SERVIR DE PRÓLOGO.

NUEVA YORK, *Octubre 28, de 1876.*

SR. DR. DON G. RAWSON.

Muy Señor nuestro: Muchos Profesores, de los países hispano-americanos, nos han manifestado el deseo de ver publicadas en castellano las obritas que forman la coleccion de los "Science Primers" (Cartillas Científicas), tan populares en este país y en Inglaterra.

Como nadie mejor que V. puede juzgar si dichos trataditos convendrían para aquellas escuelas, le estimaríamos á V. se sirviese examinar los tomos que nos tomamos la libertad de enviar á V., y comunicarnos su opinion.

Rogamos á V. se digne disimular la molestia; y quedamos, con la mas distinguida consideracion, de V. SS. y atentos SS. y affmos. amigos,

D. APPLETON Y CA.

NUEVA YORK, *Nov. 8, de 1876.*

SRES. D. APPLETON Y CA.

Muy Señores mios: Los nombres de los distinguidos Profesores bajo cuya direccion se han preparado y publicado los libros de ciencia elemental acerca de los cuales se sirven Vds. pedirme opinion, bastan para recomendarlos: sin embargo, he querido examinar por mí mismo los tres que me remi-

ten, y que son parte de la coleccion, para poder contestar á Vds. con mi propio juicio.

Puedo afirmar, Señores, que rara vez se ven consignados en tan breve espacio y con tanta simplicidad los principios rudimentarios de una ciencia. La precision y claridad de las definiciones, y la sencillez, facilidad y eficacia de los experimentos sugeridos, nada dejan que desear para su objeto. Creo, pues, que la publicacion en español de estas cartillas científicas, como Vds. las llaman, será un servicio importante para los pueblos que hablan esa lengua, y particularmente para las Repúblicas Sud-Americanas. La teoría de que la instruccion científica debe comenzar en la escuela primaria para desenvolverse en los grados ascendentes de la enseñanza, está prácticamente adoptada en los programas de educacion comun en la República Argentina, y tal vez en algunas de las otras de Sud-América: de suerte que la publicacion que Vds. intentan va á servir directamente para una necesidad ya sentida.

Agregaré que estimo en tanto el mérito de estos libritos, como elementos de ciencia popular, que me permito anunciarles favorable acogida, no sólo en las escuelas sino tambien en las familias, entre las cuales pueden difundir los útiles conocimientos y el espíritu de investigacion que ellos encierran.

Contestada así la carta que se han servido Vds. dirigirme, quedo, con toda consideracion,

De Vds. atento Servidor,

G. RAWSON.

UN JUICIO INTERESANTE SOBRE LAS “CARTILLAS CIENTÍFICAS.”

CARTA DEL SR. P. GROUSSAC,
DIRECTOR DE LA E. NORMAL NACIONAL DE TUCUMAN.

Mayo 16 de 1879.

SEÑOR D. ANGEL ESTRADA,

Agente General de los Sres. D. APPLETON Y CA.

Estimado señor y amigo: La lectura de los nuevos textos suele ser para mí un deber penoso: le doy las gracias por haberme proporcionado una tarea agradable.

Una de las obras que me ha mandado, es debida al profundo investigador de la “*Conservacion de la energía*”; el autor de la segunda es el sucesor, el heredero intelectual de Cobden, en Manchester. Además, los editores norte-americanos ostentan en la primera página, á guisa de premio honorífico, el *satisfecit* del Dr. Rawson. En tales condiciones, la aprobacion de un desconocido tiene algo de impertinente.

Sin embargo, no se trata aquí tanto del mérito absoluto de aquellas obras, cuanto de su adaptacion á nuestra enseñanza. Puedo entónces dar mi opinion, como lo haria un trabajador acerca de la calidad de sus herramientas.

Mi primera impresion es envidiar la suerte de los niños de hoy ¡tan diferente de la nuestra!

Desde que Pestalozzi declaró sagrados los instintos naturales, y de valor inapreciable para la educacion el misterioso aletear de las facultades infantiles,—artistas y pensadores procuraron á porfía, hacerles cada vez más suaves y floridas las sendas del saber.

En tiempos pasados, se azucaraba la ciencia *ad usum Delphine*. La edicion destinada á un Luis de Francia, inepto y rudo, costó cuatrocientas mil libras : entre tanto morian los hijos de los pobres sin conocer más libro que el misal, cuyas tapas les era dado contemplar una vez por semana, en misa.

Hoy, son nuestros *delfines* todos los hijos del pueblo—y por centenares de millones se cuentan las sumas anualmente invertidas en su educacion.

Libros lujosos, mapas, grabados, colecciones, llenando escuelas alegres que parecen hogares, y universidades que parecen palacios ; métodos luminosos y fecundos ; tratados clásicos interesantes como cuentos de hadas ; juguetes que son maravillas del arte ; aparatos científicos cien veces más divertidos y sorprendentes que juguetes : todo eso dado gratuitamente, nos parece apénas suficiente, y cuando aún así se resisten á ilustrarse, culpamos á nuestros textos y aparatos de áridos é imperfectos.

Grandes talentos coronan su gloriosa existencia, dedicándoles las sabrosas producciones de su otoño : Guizot y Michelet les enseñan historia, y Hugo, el viejo luchador, enseña *el arte de ser abuelo*....

Hé aquí ahora que Huxley, Jevons, Spencer, Stewart, Roscoe—una pléyade de pensadores—abandonan sus laboratorios para dedicarles los “Cuentos del hogar” de la ciencia.

En verdad, lo repito, nuestros hijos han llegado á buena hora !

No hemos sido quizás ménos queridos que ellos—pero seguramente hemos sido ménos respetados.

De ese respeto profundo por el niño (*puero reverentia*), son nuevo testimonio las dos “cartillas científicas” que tengo á la vista : excelentes—bajo cualquier aspecto que se las examine. La impresion esmerada, los grabados, hasta el papel algo sombreado : todo está calculado sábiamente y ejecutado como por esos inventores del *comfort*. La traduccion no se parece, ni mucho ménos, á esas garzales de barbarismos de tantos textos clásicos : es correcta y hasta elegante.

El estilo es perfecto : refleja el objeto descrito con la exactitud luminosa de un espejo. Ha escrito Taine que Thiers era capaz de hacer entender la Economía Política á un muchacho iletrado : Jevons ha resuelto el problema.

Creo poder afirmar que en nuestra escuela de aplicacion, con el texto de Jevons y la explicacion oral de un profesor medianamente inteligente, los niños de doce á catorce años llegarán á *saber*, á *comprender* las leyes económicas más culminantes.

De las doctrinas no hay que hablar. Jevons ha sucedido á Ricardo Cobden en el Ateneo de Manchester, cuna de la gran liga libre-cambista : en ese emporio industrial donde todos los coeficientes de la riqueza son cuestiones vitales, sometidas al exámen escrupuloso y al diario experimento.

Será tal vez conveniente omitir en nuestras escuelas, los capítulos referentes á las huelgas y salarios,

que dan la solución de un problema social (exceso de población) exactamente opuesto al que tenemos que resolver.

Las "Nociones de Física" no son menos dignas de encomio. Puede decirse que Balfour Stewart se ha mostrado inventor en la simplificación. Modelos de exposición científica y de sagacidad son las explicaciones y experimentos acerca de las fuerzas naturales.

Sólo los sábios de esa talla saben inclinarse y ponerse á nivel de las frentes infantiles.

Sé que los tratados subsiguientes están concebidos en el mismo espíritu y confiados á hombres no menos ilustres.

Ved ahí realizado el deseo de Herbert Spencer : la introducción de la enseñanza científica en la escuela primaria. La ciencia, "*que es el saber más útil*," según este pensador inglés, no será ya para los pequeños, un misterioso palacio inaccesible, cuyas ventanas alumbradas están más arriba que el vulgo á quien deslumbran sin utilidad. Ahora, las puertas se abren para los profanos, y las ventanas se bajan á su nivel.

Ese mundo de elaboración humana, formado con los elementos del mundo de Dios, y parecido á éste, como el bosquejo del aprendiz al cuadro sublime del gran maestro, sirve para admirar más al segundo y comprenderlo mejor. El péndulo del reloj ha servido para dar la mejor demostración del movimiento diurno ; la causa de los vientos no ha tenido demostración más clara y grandiosa que el túnel del Mont-Cenis. En este siglo, no hay más

explicacion satisfactoria que la científica. Sin referirme á las grandes conquistas científicas, que deberia ser vergonzoso emplear diariamente sin comprenderlas,—¡ cuántos experimentos efectuamos ciega y maquinalmente, en un solo dia y sin salir de nuestra casa !—La tuerca del péndulo que se levanta para apurar al reloj perezoso ; las gotas que resbalan en verano á lo largo del botellon de agua *frappée* ; el terron de azúcar que embebe la gota de café : hé aquí tres incidentes diarios que por vulgares no llaman la atencion. Sin embargo, el primero contiene la inmensa teoría del centro de gravedad ; el segundo revela el misterio del rocío, y el tercero obedece á la misma ley que el fenómeno fisiológico de la absorcion. Me atrevo á creer que muchos padres de familia, áun de los que van á la Bolsa y á la Ópera, no darian de aquellos hechos una explicacion satisfactoria á un niño curioso y pregunton.

En adelante, los niños que no pasen por las universidades, no llegarán á hombres sin conocer algo de la naturaleza y de la humana labor : no habrá, por ejemplo, estancieros que acepten resignados la influencia despótica de la luna nueva sobre nuestra atmósfera, ó negociantes que ignoren la periodicidad decenal de las crisis comerciales.

Las nociones científicas adquiridas en la escuela no son ménos importantes para los futuros estudiantes de enseñanza secundaria y superior : desde luégo se diseñarán las aptitudes ; la eleccion de la carrera será ménos librada al acaso y al capricho,—pudiendo así aplicarse con provecho, el principio

económico de la division del trabajo segun la adaptacion personal.

La iniciacion temprana en la ciencia, la familiaridad de sus hechos culminantes facilita sobremanera su completa adquisicion ulterior.

Creo firmemente que para surcar el desierto de la ignorancia, debe el educacionista imitar á los grandes canalizadores del istmo de Suez. Abrióse primero, de Port-Saïd al Serapeum, una acequia estrecha que facilitó el trasporte del enorme material y fué como el vivo trazado del futuro canal de cien metros de ancho; tomándose así un *avant-goût* de los beneficios que la obra colosal reportaria, y de los obstáculos que el genio del hombre habria de vencer.

En el primer pedido de textos que formule para esta escuela de Aplicacion, tendré la satisfaccion de incluir las "*Cartillas científicas*."

Felicito por tal iniciativa al hombre de estudios que hay en V. bajo el hombre de negocios, y me repito

S. S. S. y affmo. amigo—

P. GROUSSAC.

NOCIONES DE ASTRONOMÍA

INTRODUCCION

1. EL que vaya á leer este libro sabe lo que es la clase de una escuela, y la escuela. Ahora bien ; si de ella no hubieseis salido nunca, y por sus ventanas nada pudiera verse, tal vez imaginarais, que la escuela era el mundo entero ; pero nadie es ignorante hasta ese punto, y se sabe que la escuela es una de tantas casas que hay en la misma calle ó en la misma parroquia, ya en el campo, ya en la ciudad ; pues ¿quién es el que no ha ido alguna vez para ir de romería á alguno de los pueblos vecinos ?

2. Si el lector vive en Lóndres, por ejemplo, habrá hecho aún más probablemente ; porque si ha cruzado cualquiera de los puentes del Támesis, habrá pasado de un condado á otro—un condado es una reunion de parroquias, del mismo modo que una calle es una coleccion de casas—pues el rio divide los condados de Middlesex y Surrey.

3. Y así como un condado es una reunion de parroquias, así tambien *el país* de Inglaterra ó Escocia,

ó de Irlanda, ó de Gales, es una reunion de condados ; los cuatro países citados forman el Reino Unido de la Gran Bretaña é Irlanda. Ahora bien, donde quiera que uno se encuentre, ya sea en una escuela de ciudad ó aldea, ya en Europa, América, Australia ó India, siempre tiene aplicacion el escribir, ántes de leer el otro párrafo, lo siguiente :

Escuela,	} en donde se vive,
Calle,	
Parroquia,	
Condado,	
País,	
Reino,	

pues esta gradacion demuestra que la escuela es nada más que un punto pequeñísimo en las vastas regiones que forman el Reino Unido, ó cualquier otro país en que uno se encuentre.

4. Aunque no se haya ido á Francia ni á Alemania, se ha oído hablar de aquellos países. ¿Qué son? Inglaterra, Francia, Alemania, Rusia, Italia, España y otras naciones, forman el *continente* de Europa ; pues un continente es un conjunto de países, como un país es una reunion de condados, y un condado una coleccion de parroquias.

5. Tambien ha oído uno hablar de Asia, Africa, Australia, lo mismo que de Europa y América ; y lo que es aún más, puede vivirse en cualquiera de estos continentes, que continentes son lo mismo que Europa.

6. Estos continentes son las extensiones mayores

de tierra firme que hay en la superficie de *la Tierra*, pues ésta se compone de tierra y de agua.

7. Toca ahora decir que *la tierra, en conjunto, es un cuerpo que los astrónomos llaman planeta*; y más adelante se dirá lo que esto significa; pero ántes de pasar á otra cosa, escríbase como ántes:

Escuela,	} en que se vive.
Calle,	
Parroquia,	
Condado,	
País,	
Nacion,	
Continente,	
Planeta,	

8. Quizás haya alguno que se figure que ha habido una equivocacion, y que se ha empezado un libro de Geografía y no de Astronomía; pero no hay tal. Se ha tratado de demostrar que acaba la astronomía donde la geografía empieza; que de la misma manera que pueden fijarse la forma, tamaño y posicion de la escuela, que es un puntito en el planeta que habitamos, llamado la tierra; y así como los viajeros pueden encontrar las regiones de la tierra que quedan á gran distancia de la escuela, para contar cosas de ellas; así tambien pueden explicarse de un modo claro para todos la forma, tamaño y posicion de la misma tierra, entre todos los cuerpos conocidos de los cielos, y la relacion que con ellos tiene. Esto es lo que se trata de hacer, y si se consigue, será más fácil comprender mejor lo que se lea luégo referente á la superficie de la tierra.

I. LA TIERRA Y SUS MOVIMIENTOS

I. LA TIERRA ES REDONDA

9. Dicho está que habitamos un planeta que se llama la Tierra, pero ¿qué especie de cosa es? ¿es plana, curva, cuadrada ó redonda? ¿Cómo averiguarlo? Si estando en un país accidentado, se extiende la vista en cualquier sentido, se ven alturas y valles; si se sube á las montañas, se descubren generalmente otras nuevas, que limitan la vista á las pocas millas; si la region es llana, á cualquier parte que se tienda la mirada, parece que los árboles y los arbustos tocan al cielo. Se viaja, cambia uno de lugar, y siempre hay una línea en que se encuentran la superficie de la tierra y el cielo, de modo que por mucho que dijéramos en contrario, bien



FIG. 1.—Cómo aparecen y desaparecen los buques en el mar.

pudiera ser la tierra una superficie casi plana de gran extension.

10. Pero hágase el experimento donde no hay rocas ni árboles, donde la superficie de la tierra no está quebrada y es lisa ; *hágase en la superficie del mar*. Obsérvense los buques que se presentan muy léjos á la vista, y se verá que sólo se distingue su arboladura ; á medida que se aproximan, se van viendo sus cascos, y al fin se perciben completamente (Fig. 1). Obsérvese un barco que se aleja, y se verá que *lo primero que desaparece es el casco*.

11. Y esto, ¿qué significa? Hágase un experimento. En una mesa lisa hay dos moscas, y si no las hay, supongamos que existen, y que se mueven. Claro está que mientras no se vayan de la superficie de la mesa, estarán siempre completamente á la vista una de otra ; se verán más pequeñas cuando estén más distantes, y mayores cuando se aproximen ; pero no desaparecerá una parte de la mosca, cuando las otras estén visibles, como sucedia con los buques. De esto se deduce que no es plana la superficie del mar como lo es la de la mesa.

12. Otro experimento. Tómese una naranja, y supóngase que hay encima de ella una mosca *A*, Fig. 2, y otra debajo, *B*. Claro está que las moscas no pueden verse, porque está entre ellas la naranja. Supóngase que *B* se va acercando á *A*. Al llegar á *C*, puede *A* distinguir la cabeza de *B*, *sobre el borde de la naranja*, y puede *C* distinguir la cabeza de *A*, sobre el mismo borde ; pero, nada más todavía, porque las otras partes de las moscas quedan escondidas por la naranja, lo mismo que ántes lo quedaban por completo ; pero, al acercarse más *B*

á *A*, las dos moscas pueden verse recíprocamente por entero.

13. Por medio de esta naranja redonda y de las

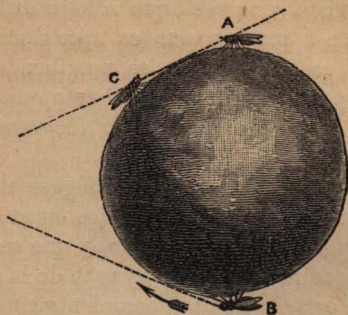


FIG. 2.—Naranja con moscas.

moscas que se mueven se ha conseguido, pues, representar exactamente lo que sucede en la superficie de la tierra, lo cual no habia podido explicarse en la mesa llana.

14. De donde se deduce que la tierra es como una bola ó una naranja y no plana como una mesa.

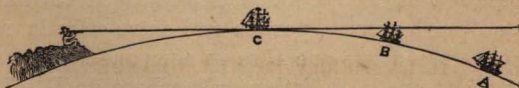


FIG. 3.—Diagrama que demuestra cómo nos explicamos que los barcos aparezcan de la manera que lo hacen, en el supuesto de que la tierra es redonda. Cuando está en *A*, el buque es invisible; en *B* empiezan á verse sus masteleros, y en *C* se ve por entero.

15. Ahora es fácil comprender por qué se ven primeramente los topos de los palos, y por qué mientras

cuando en la tierra hay altas montañas y toda clase de asperezas? porque, áun cuando es fácil comprender mirando hácia el mar, que la superficie de la tierra es parte de una curva, sin embargo, cuando se ve que hay altas montañas y hondos valles, no se comprende cómo pueda decirse que una superficie tan irregular forma parte de una curva. Vamos á tratar de responder á estas preguntas.

18. En primer lugar, claro es que si se coloca uno á igual distancia sobre dos globos, grande el uno y pequeño el otro, la línea en la cual el objeto aparece y desaparece al acercarse ó retirarse de la vista, estará más léjos en el globo mayor.

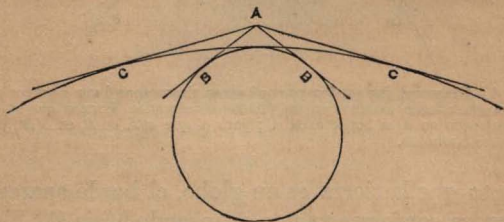


FIG. 5.—Diagrama que demuestra que cuanto mayor supongamos á la tierra, tanto más léjos está de nosotros la línea en que nos parece que el cielo se une con la tierra.

19. Supongamos que en la Fig. 5, representa *A* la altura del ojo de la mosca que hay sobre la naranja *BB*, y que la distancia de *A* á *B* representa la distancia á la línea sobre la cual empieza la otra mosca á ser visible, distancia que seria la de *A* á *C* si las moscas estuvieran en un globo otro tanto mayor que la naranja, cuanto lo es el círculo indicado por *CC* que el marcado por *BB*.

20. Ahora bien, supuesto que cuando se está en la orilla del mar se pueden ver algunas millas, es fácil de comprender que la tierra es muy grande, y esto responde á la primera pregunta. La verdad es que tiene unas 8,000 millas de diámetro ; es decir, una línea recta que la atravesara por el centro, de superficie á superficie, tendria 8,000 millas.

21. Preciso es ahora que hagamos comprender cómo la tierra, á pesar de sus montañas, es en realidad mucho más lisa relativamente que una naranja.

Supóngase, por ejemplo, que la distancia de la superficie de la tierra al centro es de 4,000 millas, lo cual no dista mucho de la verdad. En este caso una montaña de cuatro millas de altura estaria solamente la milésima parte de esta distancia más elevada que el nivel general, y semejantes asperezas están representadas en el espesor del papel que cubre un gran globo de los que hay en las escuelas. Puede verse, desde luego, que la tierra es relativamente mucho más lisa que una naranja ; porque si se agrandara una de estas hasta darle el tamaño de un globo de los que hay en la escuela, tendria éste ciertamente un aspecto muy poco liso.

22. Vemos, pues, (1) que sólo cuando la superficie está á un nivel, como en una gran llanura ó en el mar, es cuando formamos con la vista juicio de la forma real de la tierra. (2) Pero aún en el terreno más quebrado existe la curva, aunque no alcancemos á verla. (3) La curva es muy suave, porque pueden verse en el mar á muchas millas los buques ántes de perderse de vista. (4) Los dos hechos notados, el de ser esta curva tan suave y el

de no ser apreciable la altura de las montañas, demuestran que el círculo de que aquella forma parte es grande, y como consecuencia, que lo es también la tierra ; y (5) la tierra es tan grande, que las montañas más altas son relativamente como granos pequeños que hubiera en su superficie ; su diámetro ó distancia de parte á parte, atravesando el centro, es de 8,000 millas.

III. LA TIERRA NO ESTÁ EN REPOSO

23. La tierra forma, pues, con su superficie seca y de agua un gran globo tan grande que, suponiendo que desde la escuela hubiera un camino que le diera la vuelta completa, y que se pudiera andar á pié este camino, sin descansar día ni noche, á razón de tres millas por hora, se tardaría un año en volver á la escuela.

24. La tierra, además, está suspendida en el espacio como algunas veces los globos aerostáticos. Ahora bien, ¿ está en reposo ó se mueve ? Quizás diga alguno que no se mueve, porque la escuela está siempre en el mismo sitio ; porque las casas y los árboles de sus inmediaciones no están más léjos ni más cerca de ella nunca.

25. Pero esto nada nos dice : tomemos una pelota grande de estambre ó una naranja que represente la tierra, y clavemos en ella un alfiler que represente la escuela, y otros para figurar los árboles y casas que la circundan.

26. Desde luego se verá que, bien esté en reposo la pelota ó naranja, ó bien se mueva, las posiciones de los alfileres no cambian.

27. ¿Cómo decidir, pues, esta cuestión? *Mirando algo que no esté encima de la tierra.* Sálgase fuera de casa en una noche clara y mírese hácia el *Este* (los niños deben de saber donde están los puntos Norte, Sur, Este y Oeste); se verá que las estrellas se van levantando cada vez más sobre el borde de la tierra, ó línea en que ésta se encuentra con el cielo, á la cual llamaremos en lo sucesivo *horizonte*. Las que están en el *Oeste* van poco á poco desapareciendo de un modo análogo; la luna hace lo mismo. De dia claro vemos que el sol sale por el Este y se pone por el Oeste, exactamente de la misma manera.

28. Hay en esto una prueba positiva de que, áun cuando las casas y los árboles de la superficie de la tierra no cambian respectivamente de sitio, el sol, las estrellas y la luna, que no están en la superficie de la tierra se mueven ó parece que se mueven, respecto de la tierra.

29. Pensemos ahora esto. ¿Qué queremos expresar cuando decimos que una estrella ó el sol sale y se pone? Queremos dar á entender que está precisamente apareciendo ó desapareciendo por el borde de la tierra que vemos desde el lugar en donde nos encontramos; el sol y la estrella no hacen otra cosa que lo que hacian los buques de que hablamos en el párrafo 10, ó parece que lo hacen. La pelota de estambre ó la naranja nos aclararán esto completamente. Coloquémosla en medio de una mesa, y clavemos en ella un alfiler, cuya cabeza representará el punto de vista. Súpongase ahora que el niño es el sol ó la estrella y que da la

vuelta á la mesa, segun se representa en la Fig. 6, conservando la vista al nivel del alfiler ; llegará á un

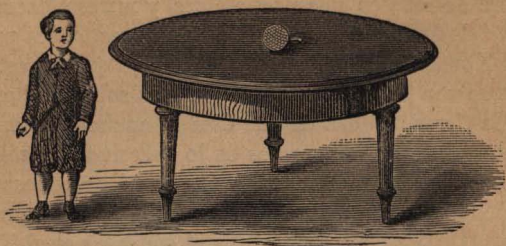


FIG. 6.—Explicacion de la salida y puesta del sol y de las estrellas.

punto en que verá el alfiler saliendo del borde de la pelota ; el niño desempeña el papel del sol ó de una estrella que sale, para el que suponemos que está

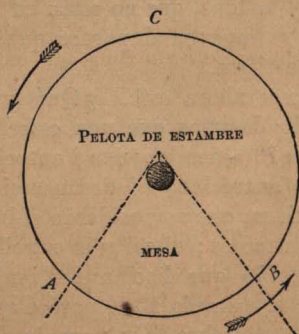


FIG. 7.—Diagrama que explica la Fig. 6; con la direccion del movimiento indicada, un cuerpo en *A* se pone, en *B* sale y en *C* está sobre la cabeza.

mirando en la cabeza del alfiler ; siguiendo el niño dando la vuelta á la mesa, llega á otro punto en que

empieza á desaparecer la cabeza del alfiler, hasta que por último queda escondido todo detras de la pelota ; y entónces es el niño el sol ó la estrella que se pone, suponiendo que esté la tierra en reposo.

30. Si el niño se sienta y otro toma la pelota y la hace girar, conservando la cabeza del alfiler siempre á la misma altura de la mesa, el movimiento de la pelota, estando el niño en reposo, dará lugar á que éste vea lo mismo que vió cuando él era el que se movia, y la pelota estaba quieta en la mesa.

31. Por la misma razon, los aspectos relativos á la salida y puesta del sol y de las estrellas, pueden ser debidos, ya á que la tierra esté en reposo y se muevan en su derredor las estrellas, ya á que la tierra dé vueltas, estando el sol y las estrellas en reposo. Creian los antiguos que la tierra estaba quieta y que el sol y las estrellas daban vueltas en torno suyo ; pero ahora sabemos que es la tierra la que se mueve.

IV. LA TIERRA GIRA Ó TIENE UN MOVIMIENTO DE ROTACION COMO UN TROMPO

32. Preciso es que demos por probado que la tierra se mueve, y que los que parecen movimientos del sol, luna y estrellas, al viajar de Este á Oeste, el sol durante el dia, y la luna y las estrellas durante la noche, no son movimientos reales, sino sólo aparentes y ocasionados por el movimiento efectivo de la tierra.

33. ¿Cómo se mueve, entónces, la redonda tier-

ra? Pensemos un poco. ¿Tenemos algun ejemplo familiar de semejante movimiento aparente de objetos que están quietos, cuando somos nosotros los que nos movemos? Sí, por cierto, lo tenemos. En seguida se ocurrirá, que cuando se va en un coche de un ferro-carril, todos los objetos, árboles, casas, etc., que se van viendo por la ventanilla y que en realidad están quietos, parecen pasar volando como si fuera uno el que estuviera en reposo. Hay más todavía: parece que corren precisamente en direccion opuesta á la que el tren lleva.

34. Basta este ejemplo, por ahora, y apliquémoslo á la tierra y las estrellas. Suponiendo que toda la tierra se está moviendo rápidamente desde el punto que llamamos Oeste hácia el Este, y va pasando rápidamente delante del sol, la luna y las estrellas; ¿será ésta la razon por la que parecen moverse de Este á Oeste?

35. Desde luégo se verá que esto no puede ser, pues no volveríamos nunca á ver otra vez el mismo sol, la misma luna y las mismas estrellas.

36. ¿Cómo podremos, entónces, explicar los hechos? *Podemos suponer que la tierra gira lo mismo que un trompo*, de manera que todas las mañanas, bien estemos en Europa, en América, en Australia ó en la India, vemos salir el mismo sol, y todas las tardes lo vemos ponerse.

37. Es, pues, á causa de este movimiento de la tierra que tenemos la mañana y la tarde; y la mejor prueba de que aquella gira de la manera que he dicho, es la existencia del dia y la noche.

38. Y gira realmente la tierra de Oeste á Este,

porque el sol parece salir por el Este y ponerse por el Oeste, ó sea en direccion contraria.

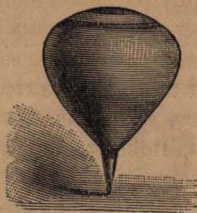


FIG. 8.—Trompo bailando.

39. Tomemos ahora un globo de los que hay en la escuela. Hagámosle girar como un trompo, es decir, con su eje hácia arriba como está el del trom-

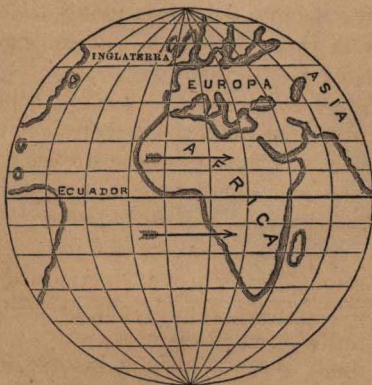


FIG. 9.—La direccion en que la tierra gira.

po. ¿A qué lado le hacemos dar vueltas? Con la mano derecha empújese, como para separarla, la

superficie que queda á la derecha. El globo representa entónces la direccion en que la tierra gira.

V. LA TIERRA HACE UNA ROTACION EN UN DIA

40. Llévase una naranja, que represente la tierra, á un cuarto oscuro, y enciéndase una lámpara, que represente el sol; clávese una aguja de hacer calceta atravesando primero la naranja por el centro, y luégo en un acerico, y clávese tambien en la naranja un alfiler hasta la cabeza, de modo que ésta represente un observador que hay en la tierra. Hágase girar lentamente la aguja y con ella la na-

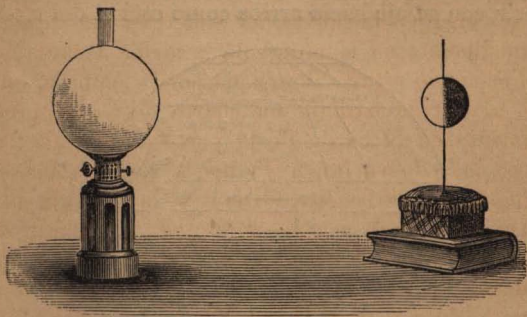


FIG. 10.—Experimento para demostrar el movimiento giratorio de la tierra, que es causa del día y de la noche.

ranja, en direccion contraria á la que llevan las manecillas de un reloj, como en la Fig. 9.

41. Examínese lo que sucede. Primeramente, hay dos puntos de la naranja, aquellos por los cuales pasa la aguja, que no se mueven, y éstos se lla-

man los *polos*, el de arriba el *polo Norte* y el de abajo el *polo Sur*, y la línea que los une se llama *eje*, y la representa la aguja. Trácese un círculo por la mitad de la naranja, cuyos puntos estén todos á igual distancia de los polos, ó justamente por donde cortaríamos la corteza si tuviéramos que sacar de la fruta una flor ú otra figura: esta línea se llama el *ecuador*. Pongamos la cabeza del alfiler cerca de esta línea y en frente de la lámpara que figura ser el sol. La mitad de la naranja quedará naturalmente iluminada por la lámpara, representando el dia, y la otra mitad oscura, representando la noche.

42. Hagamos ahora girar lentamente la aguja, y se verá que la cabeza del alfiler, en vez de estar exactamente en la mitad de la media naranja que al principio estuvo iluminada por la lámpara, estará, al dar la naranja un cuarto de vuelta, precisamente en el borde de la parte alumbrada; un poco más de vuelta, y ya no le llega la luz—*la lámpara se ha puesto*. Dése á la naranja otro cuarto de vuelta, y se verá que la cabeza del alfiler queda en la mitad de la parte oscura, con su cabeza en direccion opuesta á la lámpara; otro cuarto de vuelta, y asomará la cabeza del alfiler precisamente á la luz de la lámpara—*la lámpara sale*; otro cuarto de vuelta más, y la naranja habrá dado una vuelta entera, y de nuevo estará la lámpara alumbrando directamente sobre la cabeza, como al principio.

43. La lámpara, por lo tanto, ha pasado aparentemente desde encima de la cabeza del alfiler, se ha

puesto, ha salido y ha vuelto otra vez al mismo lugar, solamente con dar una vuelta redonda á la naranja.

44. Lo mismo sucede con la tierra: gira de igual modo que la naranja sobre un eje imaginario que pasa por sus polos, como la aguja de hacer calceta.

45. Así se producen los días y las noches; y como, al parecer, emplea el sol veinte y cuatro horas en moverse desde donde está en un momento dado hasta volver al mismo sitio otra vez en el día siguiente, sabemos que la tierra emplea realmente veinte y cuatro horas en dar una vuelta sobre su eje. (Art. 41.)

46. Ya es tiempo ahora que usemos otra vez el globo que hay en la escuela. Coloquemos la lámpara á unos cuantos piés de distancia del globo, y en el mismo nivel del centro de éste. Ya lo dejemos en reposo ó lo hagamos girar rápidamente, el medio globo que quede más cerca de la lámpara estará iluminado, y el otro medio quedará en la sombra. Cuando no se mueve, quedan en la luz las partes de un lado, y las del opuesto en la oscuridad. Al ir dándole vueltas, cada lugar viene sucesivamente colocándose debajo de la luz y oscureciéndose de nuevo, y mientras la lámpara no se mueva, la rotacion del globo produce alternativamente luz y oscuridad en cada una de las partes de su superficie.

47. Pues bien, en vez de un pequeño globo de escuela, supóngase la tierra, y en vez de la débil lámpara, el gran sol, y se verá cómo la rotacion ó movimiento giratorio de la tierra sobre su eje, pro-

duce forzosa y alternativamente la luz y la oscuridad para todos los países.

48. No hay que suponer que hay una varilla material que atraviase la tierra, como la aguja que pasaba la naranja y la de acero que tiene el globo de la escuela, para servir de eje, sobre el cual gire la tierra. El eje es sólo una línea imaginaria, y los dos puntos opuestos donde corta á la superficie, y por donde saldrian los extremos de la varilla, si el eje fuera realmente cosa visible, se siguen llamando *Polo Norte* y *Polo Sur*, tanto en el globo como en la tierra misma.

49. La tierra gira, pues, al rededor de este eje una vez cada veinte y cuatro horas. Todo este tiempo, está el sol brillando firme y fijamente en el cielo; pero sólo alcanzan luz aquellas partes de la tierra que están en cualquier momento en el lado que mira hácia el sol. Tiene que haber siempre, de precision, un lado claro y un lado oscuro, de la misma manera que habia un lado claro y un lado oscuro cuando se colocaba en frente de la lámpara la naranja primeramente, y despues el globo. Ya es fácil comprender que si la tierra no se moviera, la mitad de su superficie no veria nunca la luz, miéntras que la otra mitad jamas estaria á oscuras; pero como gira, todas sus partes están alternativamente á la luz del sol y en la oscuridad. Cuando nos llega la luz del sol, tenemos el *día*; cuando estamos en la parte oscura, tenemos la *noche*.

50. El sol parece moverse de Este á Oeste. El movimiento de la tierra es, por aquella razon que se expuso en el Art. 38, precisamente el contrario, á

saber, de Oeste á Este. Por la mañana vamos dando la vuelta hácia el sol, que aparece en el Este, y poco á poco va subiendo, al parecer, por el cielo, hasta llegar á su punto más alto á medio día, y despues lentamente baja hasta ponerse por el Oeste, porque la tierra, en su rotacion, nos lleva dando la vuelta otra vez fuera de la luz. Por la noche, trazamos el movimiento de la tierra por la manera de ir saliendo y poniéndose las estrellas una á una, igualmente que el sol sale y se pone durante el día.

VI. LA ROTACION DE LA TIERRA NO ES SU ÚNICO MOVIMIENTO

51. Estamos ya convencidos de los siguientes hechos :

Primero : la tierra es un globo.

Segundo : la tierra gira como un trompo.

Y tercero ; sin este movimiento giratorio no habria día ni noche, pues la sucesion regular de los días y las noches es causada por esta rotacion.

52. Tenemos, pues, claramente probado que la tierra tiene *un* movimiento, y se suscita la cuestion de si tendrá más de uno. ¿Cómo decidirla? Veamos ántes de todo, si este movimiento explica todas las cosas que vemos.

53. Y para esto tomaremos otra vez la lámpara y la naranja, y las colocaremos en un cuarto que tenga muchos cuadros en las paredes. ¿Qué papel van á hacer esos cuadros? Representarán las estrellas que hay en el cielo. Hay estrellas por todas partes al rededor del espacio en que están la tierra

y el sol, pero no podemos verlas de día, porque la luz del sol es muy brillante. Así, pues, si tenemos cuadros al rededor de la lámpara y de la naranja, representarán las estrellas. Naturalmente tendria que haber cuadros tambien en el techo y en el suelo, pero nos contentaremos con suponer que los hay allí tambien.

54. Supongamos ahora que lámpara y naranja están en reposo. No las hagamos girar siquiera. En este caso, como ya hemos visto, si suponemos que la naranja representa la tierra y la lámpara el sol, la parte de aquella vuelta hácia el sol—figurado por la lámpara—tendrá día continuo, y siempre verá $\left\{ \begin{array}{l} \text{la misma lámpara} \\ \text{el mismo sol} \end{array} \right\}$ en el mismo sitio ; des-

de la parte que está del otro lado de $\left\{ \begin{array}{l} \text{la lámpara} \\ \text{el sol} \end{array} \right\}$

estarán siempre visibles $\left\{ \begin{array}{l} \text{los mismos cuadros} \\ \text{las mismas estrellas} \end{array} \right\}$ en

el mismo sitio. Desde las partes de la $\left\{ \begin{array}{l} \text{naranja} \\ \text{tierra} \end{array} \right\}$

cerca de la línea de luz y sombra $\left\{ \begin{array}{l} \text{el mismo sol,} \\ \text{la misma lám-} \end{array} \right.$

las mismas estrellas $\left. \begin{array}{l} \\ \text{para, los mismos cuadros} \end{array} \right\}$ estarán siempre aparen-
temente cerca del horizonte (Art. 27) en el mismo sitio.

55. Clavemos un alfiler en el ecuador (Art. 41) de la naranja hasta la cabeza, para representar un observador que esté en la tierra, demos vuelta á la naranja para representar la *rotacion*, que es como debemos llamar ahora al movimiento giratorio de

la tierra, y reparemos que siempre que el observador representado por la cabeza del alfiler está en medio de la mitad iluminada, la parte exactamente opuesta está en medio de la mitad oscura, y que una media vuelta lleva la cabeza del alfiler desde el medio de la parte iluminada al medio de la parte oscura. Ahora bien, estas dos posiciones—á saber, el punto de en medio de la mitad iluminada y el de la mitad oscura—representan bastante aproximadamente para nuestro actual propósito la posición que respecto del sol ocupa un observador á medio día y á media noche, por efecto de la rotación de la tierra.

56. Se verá en el instante que si no se mueven de sus lugares ni el sol ni la tierra, siempre tendremos á la vista un mismo grupo de estrellas á media noche, otro especial al salir el sol y otro especial al ponerse.

57. Reflexiónese bien esto y hágase el razonamiento con los cuadros, porque es importantísimo el llegar á comprender este punto perfectamente.

58. Pero ¿es cierto que veamos siempre las mismas estrellas á media noche? No. Entónces ¿qué es lo que sucede?

(1) Si en el verano miramos á media noches las estrellas y luégo las miramos á la misma hora en el invierno, vemos que no son las mismas. Tenemos, pues, un gran cambio en seis meses.

(2) Si en muchas noches sucesivas miramos las estrellas á media noche, vemos que van inclinándose poco á poco hácia el Oeste. Aquí tenemos un cambio pequeño en pocos días.

(3) Trascurrido un año se ven á media noche las mismas estrellas.

59. *Demos vuelta á la lámpara con la naranja*

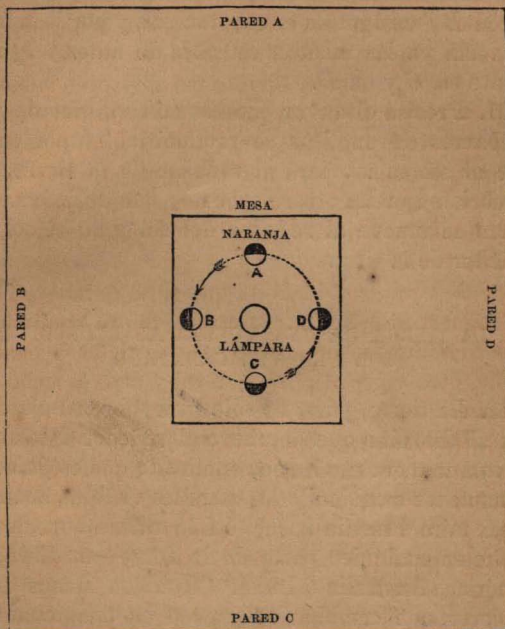


FIG. 11.—Explicacion del movimiento de la tierra al rededor del sol.

en la misma direccion en que gira la tierra sobre su eje, y veremos cómo esto explica en seguida todo.

60. En la Fig. 11, se ha dado un dibujo de la lámpara, naranja, mesa y cuarto, como se verian desde arriba. Consideremos primero que la na-

ranja está en *A* ; el observador en la parte oscura veria á media noche las estrellas que están en frente y opuestas al sol, los cuadros de la pared *A* ; en *B*, veria á media noche los cuadros de la pared *B* ; en iguales circunstancias, y por lo tanto, no veria ya las mismas estrellas de ántes. Igualmente en *C* y en *D*.

61. Precisa observar que los mismos efectos que acabamos de explicar se producirían, suponiendo que el sol se moviera al rededor de la tierra, en direccion opuesta ; pero sabemos que realmente la tierra se mueve al rededor del sol y no el sol al rededor de la tierra.

VII. LA TIERRA DA UNA VUELTA AL REDEDOR DEL SOL UNA VEZ CADA AÑO

62. La tierra, pues, no sólo gira sobre su eje una vez al dia, sino que se mueve al rededor del sol, y de esta manera nos hemos explicado que estén continuamente cambiando las estrellas visibles, cuando se las mira á media noche, ó á la misma hora de la noche en cualquier parte de la tierra—en Europa, América, Australia ó India. Tambien hemos descubierto que cambian muy poco en unas cuantas noches, muchísimo en seis meses, y que al cabo de doce vuelven á presentarse las mismas estrellas en los mismos sitios.

63. Valgámonos de nuevo de la lámpara y la naranja, y se verá que precisamente del mismo modo que la tierra hace su movimiento de rotacion en un dia, *da la vuelta al rededor del sol en un año.*

64. Pues claro está que si solamente tardara seis meses, por ejemplo, en dar la vuelta, serian visibles las mismas estrellas en los mismos sitios á los seis meses, y otro tanto seria aplicable á cualquier otro período que escogiéramos como ejemplo. Aquí tenemos el origen del año, que es el tiempo que emplea la tierra en volver al mismo sitio en su camino al rededor del sol.

VIII. LOS DOS MOVIMIENTOS DE LA TIERRA NO SE VERIFICAN EN EL MISMO PLANO

65. Se ocurre ahora preguntar ¿cómo se mueve la tierra al rededor del sol? ¿salta, va subiendo y bajando, ó se mueve suavemente y en derechura, conservando el mismo nivel? y la respuesta es que se mueve suavemente y que conserva siempre el mismo nivel; como cuando un caballo galopa por un terreno muy nivelado. Para describir esto con más exactitud, supongamos un mar muy grande con el sol y la tierra flotando en él, con la mitad sumergida, y que la tierra da la vuelta al rededor del sol una vez al año, siguiendo un camino casi circular, ó lo que es lo mismo, conservándose siempre á casi igual distancia del sol.

66. Tómense cuatro bolas de igual tamaño y una mayor que represente al sol; arréglese su peso de modo que se sumerjan hasta la mitad, y pónganse luego en una tina de agua, como se pinta en la Fig. 12.

67. En dicha lámina tenemos una representacion del sol, y de la tierra en cuatro partes de su viaje

anual, y lo que necesitamos comprender es que no sólo es suave el movimiento de la tierra, sino que *dicho movimiento se verifica en el mismo plano* (plano es una superficie nivelada como un pliego de carton ó la superficie del agua en la tina); y despues, que este plano en que se mueve la tierra, pasa por el centro de ésta y por el del sol, de la misma manera que la superficie del agua por los de las bolas, si tienen el peso conveniente. Llamemos al

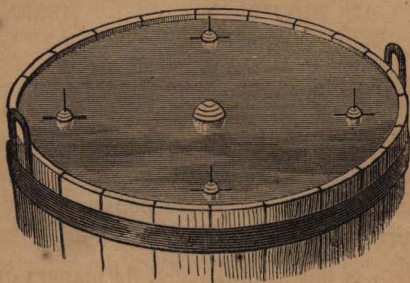


FIG. 12.—El plano de la eclíptica.

plano representado por la superficie del agua de la tina, *el plano de la eclíptica*.

68. Aquí está, pues, definido el plano del movimiento anual de la tierra al rededor del sol; este plano de la eclíptica es el curso ó carrera que recorre la tierra. ¿Cuál es la relacion de este plano con el del movimiento diario de la tierra sobre su eje?

69. Es evidente que si se supone que el eje de la tierra está vertical, respecto del plano de la eclíptica, ó formando con éste un *ángulo recto*, el plano de la rotacion de la tierra será el mismo que el plano

del movimiento de la tierra al rededor del sol, y así está representado en la Fig. 12.

70. ¿Pero, son los mismos estos planos? Supongamos que lo sean. Clávese un alfiler en una de las cuatro bolas iguales, hágase girar la bola sobre su eje y haciendo círculos como un trompo, y representará la tierra moviéndose al rededor del sol, y se verá que en esta suposicion serán siempre los dias de la misma duracion, porque la línea de luz y oscu-

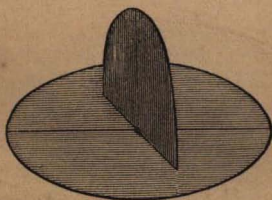


FIG. 13.—Dos planos que se cortan en ángulos rectos.

ridad pasaria por los dos polos, de manera que cada parte de la superficie de la tierra estaria un tiempo

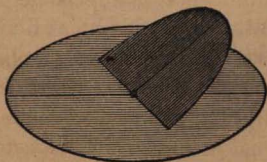


FIG. 14.—Dos planos que se cortan oblicuamente.

igual en la mitad iluminada que en la oscura, si el movimiento de rotacion fuera uniforme ; pero todos los dias no duran lo mismo ; son en el invierno cor-

tos los días y las noches largas, y en el verano largos los días, y las noches cortas; y hay más aún: cuando en Inglaterra es invierno, en Australia es verano.

71. De manera que no pueden coincidir los planos de los dos movimientos; mas podemos explicar todos los hechos suponiendo que están inclinados como en la Fig. 14, de tal modo que el eje de la tierra en su movimiento al rededor del sol está real-

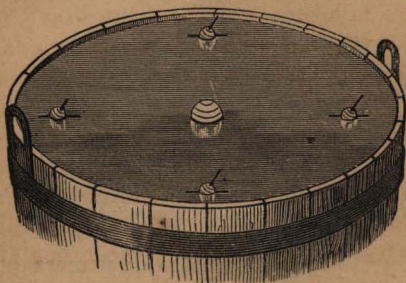


FIG. 15.—La tierra con el eje de rotacion inclinado.

mente representado por las bolas de la Fig. 15, en las cuales ya la rotacion no es vertical, como en la Fig. 12, sino que la hacen sobre los ejes inclinados.

IX. RAZON DE SER DESIGUALES LOS DIAS Y LAS NOCHES

72. Ahora podemos abandonar la tina y volver á la lámpara y la naranja, recordando que ya no tene-

mos que poner vertical la aguja como lo hacíamos en la Fig. 10, y que el plano de la eclíptica está representado por el plano horizontal en que descansa la línea que une el centro de la lámpara con el centro de la naranja.

73. Antes hemos dado la razon del dia y la noche, y ahora vamos á ver si podemos explicar por qué se diferencia en duracion en las diversas estaciones del año. Colóquese la lámpara como ántes en una mesa en el centro del cuarto, y apóyese la naranja á la misma altura que ántes tuvo, inclinando *el extremo superior de la aguja desviándose un poco de la lámpara*. Llamemos al polo superior el polo Norte.

74. Hágase ahora girar la naranja y se verá que la luz no alumbra nunca la parte que está cerca del polo Norte, y alumbra siempre una parte al rededor del polo Sur; por rápida que sea la rotacion de la naranja; pero que, del mismo modo que ántes, las partes que están cerca del ecuador quedan alumbradas y oscurecidas alternativamente. Clávese un alfiler en la naranja, para representar á un observador cerca del polo Norte, y hágase girar de nuevo la naranja, y se verá que nunca está en la region iluminada; clávese el alfiler cerca del polo Sur, y allí estará viendo siempre la lámpara, de suerte que, con la tierra en esta posicion respecto del sol, es siempre de noche para una persona que esté en el polo Norte, y para la que se encuentre en el otro polo, siempre de dia.

75. Clávese otra vez el alfiler en la naranja, á la mitad proximamente de la distancia entre el ecua-

dor y el polo Norte, y dése vuelta á la naranja, y se verá que pasa más tiempo en la parte oscura que en la parte iluminada. En ese punto, por tanto, es la noche mucho más larga que el día, y puede observarse que cuanto más cerca se coloque el alfiler del polo Norte, más corto será su período de claridad, hasta que llegue tan al Norte que no la tenga ni un momento.

76. Por el contrario, cuanto más cerca del ecuador se coloque el alfiler, en la mitad Norte de la naranja, más tiempo está iluminado, ó más largos son los días y más cortas las noches, hasta que en el ecuador es igual el tiempo en que está en la luz, al en que está en la oscuridad.

77. Exactamente lo contrario sucede en la parte Sur del ecuador; cuanto más léjos se coloque el alfiler hácia el polo Sur, mayor es el período en que tiene luz, hasta que cerca del polo no entra en la oscuridad nunca.

78. Si se inclina aún más la aguja, se verá que se hacen todavía más desiguales los días y las noches en cualquier punto que se escoja para colocar el alfiler, excepto en el ecuador, y cuanto ménos se incline aquella, menores serán las desigualdades, de tal modo que cuando llegue á estar vertical, serán iguales los días y las noches en toda la naranja. Sabido es que Inglaterra está en la parte que queda al Norte del ecuador á la mitad de la distancia próximamente entre el ecuador y el polo, aunque algo más cerca del polo que del ecuador; y también es sabido que en el invierno son los días más cortos que las noches, y desde luégo podemos expli-

caros la causa de esto, suponiendo que el eje de la tierra está inclinado de la misma manera y en igual direccion que el de la naranja, de modo que la naranja en el caso mencionado es representacion de la tierra en invierno.

79. Pero no siempre estamos en invierno, y de-



FIG. 16.—La tierra, tal como se ve desde el sol en el solsticio de verano (á las 12 del día 22 de Junio, en Londres).

tras de esta estacion viene la primavera y en ella son el dia y la noche de igual duracion en 22 de Marzo ; luégo llega el verano á los tres meses, y entónces son los dias más largos que las noches ; exactamente lo contrario de lo que sucede en el invierno. En el otoño, en 22 de setiembre, vuelven á ser

iguales el día y la noche. ¿Cómo explicamos esto? Volvamos á la naranja para estudiarlo: podríamos tratar de explicarlo enderezando cada vez más el eje hasta representar la primavera, inclinándolo despues hácia la lámpara para representar el verano; pues se observará por lo que ántes se ha dicho, que

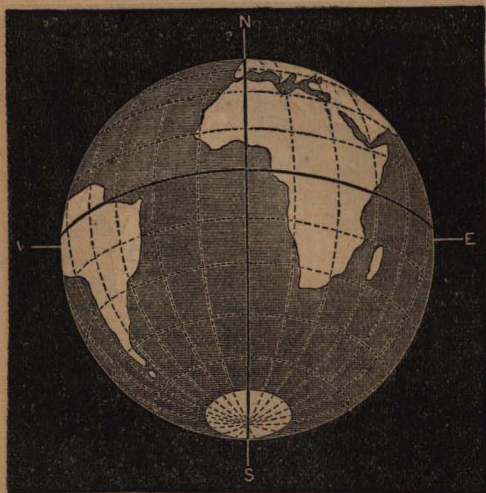


FIG. 17.—La tierra, tal como se vé desde el sol en el solsticio de invierno (á las 12 del día 22 de Diciembre, en Lóndres).

si el polo Norte está desviado de la lámpara, son las noches más largas que los días; que cuando está vertical el eje, son iguales; y que cuando se inclina dicho polo hácia la lámpara, los días son más largos que las noches; pero el eje de la tierra no cambia de direccion, pues lo encontramos siempre

señalando casi á la misma estrella, llamada la estrella polar, en todas las épocas del año.

80. Tenemos que ensayar otro método. Muévase la naranja en direccion contraria á los minutos de un reloj, al rededor de la lámpara, conservando siempre el eje inclinado en el mismo sentido, ó ha-

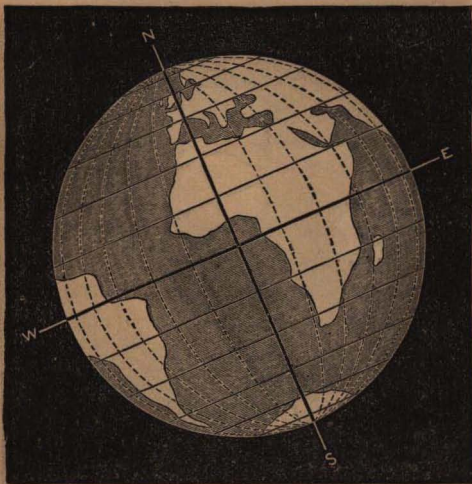


FIG. 18.—La tierra, tal como se ve desde el sol en el equinoccio de primavera (á las 12 del día 22 de marzo, en Londres).

blando más correctamente, conservando el eje que está representado por la aguja, siempre paralelo á sí mismo; muévase la naranja la cuarta parte de una vuelta al rededor de la lámpara, hágase girar, y obsérvese la duracion del dia y de la noche como se hizo ántes: se verá que los polos están en la

línea divisoria que separa la mitad oscura de la clara, y que el trayecto de cualquier punto de la naranja es igual en la parte clara que en la parte oscura. Esta posición corresponde al principio de la primavera, 22 de marzo.

81. Muévase la naranja otro cuarto de círculo al



FIG. 19.—La tierra, tal como se ve desde el sol en el equinoccio de otoño (á las 12 del día 22 de setiembre, en Londres).

rededor de la lámpara; ahora se ve que el polo Norte se inclina hacia la lámpara, y en todos los puntos que están al Norte del ecuador, ó en la mitad ó *hemisferio* del Norte, el día es más largo que la noche, correspondiendo al verano; y lo contrario sucede en el hemisferio del Sur, de manera que

tenemos precisamente lo contrario, con sólo dar media vuelta á la naranja al rededor de la lámpara.

82. Otro cuarto de vuelta, y otra vez son iguales el dia y la noche, correspondiendo al otoño, el 22 de setiembre ; y otro cuarto más, pone á la naranja en su posicion primitiva.

83. Exactamente del mismo modo se mueve la tierra al rededor del sol en un año, pasando del invierno, por la primavera, al verano, y por el otoño, otra vez al invierno ; las posiciones de la tierra en la primavera y en el otoño cuando son iguales los dias y las noches, se llaman *equinoccios*, es decir, *las noches iguales*.

84. Tambien se podrá ver que durante el verano en el hemisferio del Norte, está continuamente visible el sol sobre el horizonte en los lugares que circundan el polo Norte ; pues en lugar de ponerse por el Oeste, da la vuelta aparentemente por el Norte hasta el Este otra vez, siempre sobre el horizonte ; y en el invierno está continuamente debajo del horizonte y nunca sale sobre él. En el hemisferio del Sur sucede lo mismo ; así es que en los polos hay un dia de seis meses y despues una noche de la misma duracion.

85. Se han presentado cuatro dibujos de la tierra, tal como se ve desde el sol en primavera, verano, otoño é invierno. El centro de cada diagrama representa el punto en que está el sol en las diferentes épocas del año. Supongamos que el globo gira una vez en cada una de dichas posiciones y se comprenderá más claramente cuanto se ha dicho.

X. LAS ESTACIONES DEPENDEN DE LA DIFERENCIA DE DURACION DEL DIA Y DE LA NOCHE

86. Si realmente se ha comprendido por qué el día y la noche son de desigual duracion, se ha en-

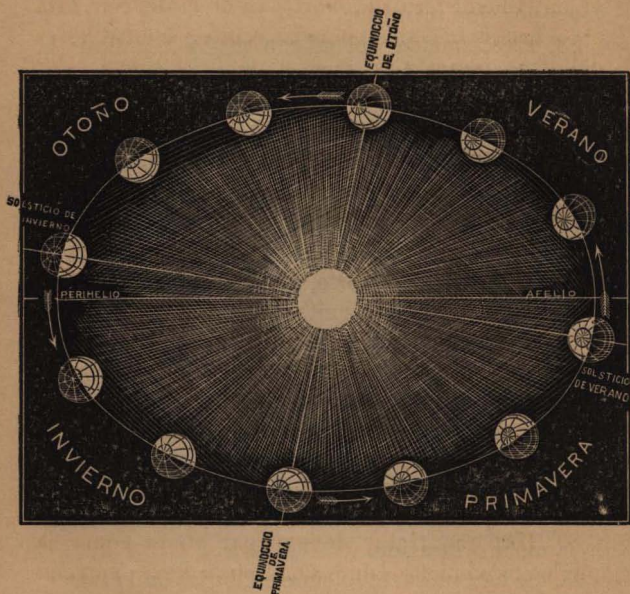


FIG. 20.—Explicacion de las estaciones.

tendido así mismo cómo es que, tanto en Inglaterra como en el Sur de América, hay invierno y verano, ocurriendo el verano inglés al mismo tiempo que el invierno sud-americano ; por qué, en resúmen, *cam-*

bian en la tierra las estaciones, y tenemos la sucesion de primavera, verano, otoño é invierno, tanto en el hemisferio del Norte como en el del Sur (es decir, en las mitades de la tierra al Norte y al Sur del ecuador) y en diferentes épocas del año.

87. Cuando los dias son largos y las noches cortas, ya en el hemisferio del Norte, ya en el del Sur, está el sol visible más tiempo de las veinte y cuatro horas del dia, y por esta razon se acumula el calor. Por el contrario, cuando los dias son cortos y las noches son largas en cualquiera de los dos hemisferios, el sol está ausente más tiempo que presente, y se siente más la falta de calor.

88. En la primavera, aunque los dias y las noches son iguales como en el otoño, las facultades de la naturaleza se renuevan por el descanso en que estuvieron durante el invierno, y por esta razon es la primavera la época de los capullos y retoños, mientras que el otoño es la de la caída de la hoja.

XI. RAZON POR LA CUAL LOS MOVIMIENTOS DEL SOL Y DE LAS ESTRELLAS PARECEN DIFERENTES EN LAS DIVERSAS PARTES DE LA TIERRA

89. Hay que tratar de explicar ahora cómo es que los movimientos de los cuerpos celestes parecen ser muy diferentes, cuando se ven de diferentes partes de la tierra.

90. No sólo en los polos hay un dia y una noche de seis meses, y no sólo en el ecuador son siempre iguales los dias y las noches, sino que en los polos las estrellas dan vuelta, al parecer, sobre la cabeza

al rededor de un punto, miéntras que en el ecuador, las que pasan por encima, parece que salen y se ponen casi verticalmente, y no formando un arco como en Inglaterra y Australia, en el Canadá y en Chile.

91. Ya conocemos las salidas y puestas, pero ob-



FIG. 21.—La estrella polar y la constelacion de la Osa Mayor, en cuatro posiciones diferentes, con intervalos de seis horas, para hacer ver cómo la Osa Mayor parece que viaja al rededor de la estrella polar.

servemos las estrellas, que no están al Este ni al Oeste, sino en otras partes del cielo, y veamos cómo se mueven ; se notará que en Inglaterra las estrellas que están cerca del Sur, se levantan solamente un poco al Este del Sur, llegan á su mayor altura sobre el horizonte exactamente al Sur, y se ponen por el Oeste, á igual distancia del Sur, que salieron

por el Este. Aquellas que primeramente vemos levantarse en el Este, pasan por el Sur á mucha más altura sobre el horizonte y se ponen otra vez por el Oeste. Las estrellas que están cerca del Norte ni salen ni se ponen, pues nunca se ocultan debajo del horizonte, sino que se mueven en derredor de un punto del cielo, marcado por una estrella que se llama la *estrella polar*, la cual es muy fácil de encontrar, pues está indicada por las dos puntas de la Osa Mayor, como se ve en la Fig. 21.

92. Para explicar mejor esto, tómese un globo pequeño, poniendo su eje vertical, y con objeto de indicar el horizonte de cualquier lugar de un modo tangible, córtese un pedazo de carton del tamaño de una moneda de medio peso y péguese el mismo por el centro al globo lo más cerca posible del extremo superior ó polo Norte del eje, ó en el mismo eje, si fuere posible; una persona que esté en el polo ó cerca de él, podría ver todo cuanto hay sobre el carton, pero no lo que está debajo, ó en otros términos, las orillas del carton representan el horizonte. Hecho esto, hágase girar el globo para que represente el movimiento de rotacion de la tierra y obsérvese lo que harán las estrellas representadas por los cuadros de las paredes (Art. 53), respecto de una persona colocada en el polo. Se verá desde luego que el papel da simplemente vueltas como una rueda, y que los cuadros que estaban por encima ántes de mover el globo, siguen estándolo siempre. Del mismo modo las estrellas no salen ni se ponen para una persona que las mire desde el polo, sino que permanecen á la misma altura encima del horizonte,

y sólo se mueven aparentemente alrededor de los puntos cardinales de la aguja ; estando naturalmente la estrella polar encima de la cabeza y las otras describiendo círculos en derredor de ella. Si se clava en las paredes un cuadro debajo del plano (Art. 67) del pedazo de carton, para representar al sol, se verá que no puede éste salir ni ponerse con sólo hacer girar al globo, y que no puede conseguirse esto inclinando el globo como se hace para representar las estaciones. Recuérdese ahora que durante medio año el polo Norte de la tierra está inclinado hácia el sol, y durante el otro medio en sentido contrario, así es que en el polo Norte solamente puede haber dia durante el medio año de verano y noche durante el del invierno ; reparando en la Fig. 20 se verá que en el verano todo el pequeño círculo al rededor del polo está iluminado, de tal manera que allí nunca es de noche por efecto del movimiento de rotacion de la tierra, y en el invierno, por razon análoga, nunca es de dia ; pero en la primavera y en el otoño, una mitad del círculo está iluminada y la otra mitad oscura, y por consiguiente cada uno de sus lugares tiene en veinte y cuatro horas dia y noche, por el movimiento de rotacion de la tierra.

93. Basta, por ahora, acerca de los aspectos del cielo desde el polo, y examinemos lo que en el ecuador acontece ; y para hacerlo, peguemos el disco de carton en el ecuador, y hagamos girar el globo. Se verá que ya no da vueltas como una rueda, sino como cuando se baila una moneda sobre su canto, y que al completar el globo media vuelta, una colec-

cion de estrellas enteramente nueva se presenta sobre el horizonte, representado por la orilla del carton; y que quedan justamente en el horizonte los dos puntos de los cielos que indican los dos polos del globo, quedando la estrella polar del Norte, precisamente en la parte Norte del horizonte, y el polo del Sur en la parte Sur del horizonte y las estrellas que salen por el Este pasan exactamente sobre el carton y se ponen por el Oeste, conforme va dando vueltas el globo.

94. Fijando un cuadro que represente el sol, se verá que el globo puede dar media vuelta justa, mientras que el sol ó el cuadro que lo representa, está encima del horizonte de papel, y otra media vuelta mientras está debajo; y como la tierra hace su movimiento de rotacion en veinte y cuatro horas, el sol estará doce horas sobre el horizonte y otras doce debajo, de manera que los dias y las noches son siempre de igual duracion en el ecuador, y aunque se incline el eje del globo para representar los cambios de las estaciones, se verá que no se altera la duracion de los dias y las noches.

95. Pruebe uno mismo, colocando el disco de carton en otras posiciones del globo, empezando por el ecuador y subiéndolo hácia el polo Norte, para observar el cambio gradual en los movimientos aparentes de las estrellas, en su salida y puesta.

96. Todo lo hasta aquí dicho se refiere á los movimientos aparentes de las estrellas vistos en el ecuador, ó al Norte del mismo; así, pues, para examinar los movimientos aparentes de las estrellas, visibles en el hemisferio del Sur, es preciso pegar el

carton en diferentes lugares al Sur del ecuador del globo, hacer girar á éste y observar lo que sucede. Primeramente, colóquese el disco entre el ecuador y el polo Sur, representando la posicion de un observador en Australia ; el ecuador quedará al Norte del observador, y no al Sur, y su polo al Sur, y no al Norte como en el hemisferio boreal, y mirando hácia el Norte verá exactamente salir y ponerse las mismas estrellas que veria en el hemisferio del Norte; pero á su derecha quedará el Este y á su izquierda el Oeste, de modo que las estrellas saldrán por su derecha y se pondrán por su izquierda, atravesando los cielos en sentido enteramente contrario, al que parecen atravesarlos, al que las mira desde el hemisferio del Norte. Hay todavía más: verá cerca de la parte Norte del horizonte las estrellas que desde Inglaterra se ven cerca de la parte Sur, pues las que desde este último punto se ven hácia el Norte, serán para aquél del todo invisibles.

97. Con el fin de hacer mas comprensibles los movimientos aparentes de las estrellas visibles en el hemisferio del Sur, llamemos Sur al polo superior del globo, y Norte al inferior, y hagamos girar al globo en sentido contrario al en que ántes giraba ; pues la tierra parece que se mueve en diferente direccion segun la posicion desde la cual se mira, como las manecillas de un reloj que irian en un sentido mirándolas de frente y en el contrario, si en un reloj trasparente se las mirare desde detras ; así que para un observador que esté en el hemisferio del Sur, parece que la tierra da vueltas al rededor de su eje en direccion contraria á la que se ve desde

el hemisferio del Norte, y por consiguiente, si hacemos que la parte superior del eje sea el polo Sur tendremos que cambiar al revés todos los movimientos, incluso el de traslación al rededor del sol.

98. Una vez hecho esto, colóquese encima el verdadero polo Sur del globo, y hágase el experimento con el horizonte de cartón como ántes.

99. El globo tendrá probablemente un *horizonte de madera*, que representa el horizonte del centro de la tierra, como nosotros hemos supuesto que la circunferencia del disco de cartón representaba el horizonte de un lugar cualquiera.

II. LA LUNA Y SUS MOVIMIENTOS

I. LA LUNA SE MUEVE ENTRE LAS ESTRELLAS

100. Ya se sabe cuál es la forma de la tierra, y cuáles son sus movimientos, el de rotación sobre su propio eje en veinte y cuatro horas y el de traslación al rededor del sol, en el cual emplea un año.

101. También hemos visto de qué manera estos dos movimientos reales de la tierra dan lugar á dos movimientos aparentes del sol y de la estrellas; el movimiento diario de salir y ponerse, y el movimiento anual, en virtud del cual vemos cada mes diferentes estrellas por el Sur á la misma hora de la noche, hasta que al cabo del año, la gran procesion vuelve á comenzar otra vez como ántes. Las *Nociones de Geografía Física* enseñarán lo que es la tierra, esto es, que es un cuerpo frío rodeado de

una atmósfera y puesto en movimiento por el calor del sol.

102. No faltará entre mis lectores quien extrañe que no se haya dicho todavía nada de la luna, que nos parece casi tan grande como el sol, y que con tanta claridad alumbra algunas veces la tierra.

103. Ahora llega el turno á la luna. Míresela en una hermosa noche, y repárese su posicion entre las estrellas inmediatas ; difícil es ver cerca de ella estrellas pequeñas, así es que lo mejor será aprovechar la oportunidad de que esté al lado de una grande. Vuélvase á mirarla al cabo de algunas horas, ó si necesario fuere, á la siguiente noche ; lo primero que se notará es que ya no ocupa el mismo lugar entre las estrellas, sino que se ha movido respecto de ellas una gran distancia hácia el Este. Se observará que sale y se pone más tarde cada dia, variando este retardo entre tres cuartos de hora y una hora, cosa muy fácil de comprobar anotando la hora de su salida, durante unos cuantos dias seguidos. Va retardándose, por decirlo así, respecto del sol, hasta que despues de verla salir á la puesta del sol, no sale sino poco ántes que el sol por la mañana. Despues el sol la pasa, al parecer, y pocas noches despues se la ve de nuevo en el Oeste poco despues de la puesta del sol, para retrasarse otra vez respecto de éste y volver á ser alcanzada de nuevo á los veinte y ocho dias, de la misma manera que la manecilla que marca las horas en la esfera de un reloj, es alcanzada y pasada por el minuterero.

104. Ya hemos hecho esas observaciones, veamos cómo explicarlas. Tenemos que volver á la naranja

y á la lámpara, y necesitaremos además una naranja mucho más pequeña que represente la luna. Dejemos sin movimiento la naranja que representa la tierra y movamos la pequeña que representa la luna en un círculo al rededor de la primera, como la tierra se mueve al rededor del sol.

105. Veamos si con este movimiento podemos explicar nuestras observaciones. En primer lugar, supongamos que la luna está en *E* (Fig. 22), en la misma línea que el sol, y como en esta posición nos parecerá claramente que está en el cielo cerca del sol, la veremos salir y ponerse al mismo tiempo que éste, lo cual veremos muy claro, con sólo hacer girar la naranja-tierra sobre la aguja que le sirve de eje. Movamos después la luna á *T*, para representar la posición que ocupará al cabo de algunos días, y se verá que el sol se pondrá ántes que la luna, porque cuando para una persona que esté en *A*, se esté poniendo el sol, la luna aún quedará sobre el horizonte. Muévase más la luna hasta *F*, y se verá que queda precisamente al Sur del observador que está en *A*, cuando el sol se ha puesto, de modo que ha perdido ó se ha retardado unas seis horas, respecto del sol. Llévase á *G*, y estará saliendo cuando el sol se esté poniendo, y á las doce de la noche quedará al Sur, habiéndose retardado doce horas respecto del sol, como se verá suponiendo que hay observador en *D*; muévase todavía hasta *H*, y entónces para el observador en *A*, para el cual se acaba de poner el sol, la luna no habia salido; pues habiéndose retardado diez y ocho horas respecto del sol, saldrá á las doce de la noche

para el observador que esté en D ; para el observador en C la luna está en el Sur y el sol está saliendo; muévase aún á K , se habrá retardado casi una revolucion entera del sol, y saldrá unas veinte y una horas despues que este (ó unas tres ántes si contamos de otro modo), y á los dos ó tres dias volverán otra vez á salir juntos. Claro resulta de lo que hemos visto que su retardo respecto del sol puede explicarse con la suposicion de que se mueve al rededor de la tierra en unos veinte y ocho dias, y así efectivamente sucede.

II. LA LUNA CAMBIA DE FORMA

106. Hemos explicado ya el movimiento propio de la luna entre las estrellas; pero aún hay algo más que decir respecto de ella; el moverse en derredor nuestro, cambia de figura desde un arco á un círculo. Nos son estos cambios tan familiares, pues hemos oido hablar de los cuartos de la luna desde que empezamos á tener memoria, que podemos considerarlos cosa muy natural sin averiguar la causa de los mismos. Hagamos la pregunta ¿cambia realmente la luna? No; *siempre es lo mismo, pero una parte de ella no está iluminada y es invisible para nosotros.*

107. Obsérvese la luna una noche cualquiera; supongamos que la vemos en *luna llena*, como se la llama cuando parece redonda como el sol; observemos la posicion que ocupa en el cielo, y veremos que está en el lado opuesto al sol, con relacion á la tierra, y que, por consiguiente, sale cuando el

sol se pone, y se pone á la salida del sol ; es decir, está en la posicion *G* (Fig. 22) ; colóquese ahora la naranja que representa la luna en *G* en el lado opuesto del sol, respecto de la naranja que representa la tierra, y la mitad, pintada de blanco en el diagrama, quedará iluminada por el sol y la otra mitad estará naturalmente oscura, de la misma manera que es de noche para nosotros cuando el sol está alumbrando la otra mitad de la tierra, que

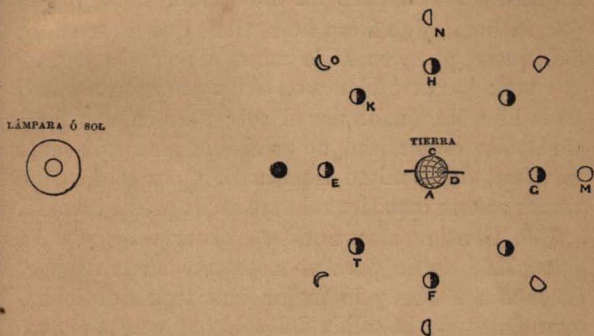


FIG. 22.—Movimiento de la luna al rededor de la tierra.

no es la nuestra, y si se coloca la vista cerca de la naranja se verá toda la parte iluminada, y nada de la oscura ; entónces es luna llena, y este aspecto está representado por el círculo blanco *M*. Es, pues, evidente que en luna llena, la luna está en el lado opuesto del sol, con relacion á la tierra, y que por esta razon vemos toda su parte iluminada.

108. Despues de luna llena, va saliendo la luna, como ya hemos visto, cada vez más tarde despues

de la puesta del sol, y supondremos que la observamos una semana despues de ser luna llena. Saldrá, como ya hemos visto, á eso de las doce de la noche. Se dirá que es muy tarde para estar despierto y verla salir, pero el dia de los astrónomos es la noche de todo el mundo. Ya no es la luna redonda, al parecer, pues solamente es visible una mitad de ella. Volvamos al diagrama: ¿en qué posicion está la luna cuando sale á media noche? Es media noche para un observador en D y para que la luna salga á esa hora, tiene que estar en H . Colóquese, pues, en H la naranja pequeña y en D la vista; la parte blanca en el diagrama es la mitad de la luna iluminada por el sol; pero en esta posicion toda esta mitad no es visible, sino solamente la mitad de la mitad iluminada, y por esto lo que vemos en este caso tiene el aspecto de media luna, N .

109. Continuemos nuestras observaciones. Es demasiado tarde para no acostarse hasta despues de media noche, y lo mejor será tratar de levantarse ántes de la salida del sol, y se verá que conforme va el sol, al parecer, alcanzando á la luna, ésta va tomando cada vez más la forma de arco, y cuando llega á K , su aspecto es como en O , hasta que se pierde entre los rayos del sol y llega á la posicion E . ¿Cómo se verá entónces? Colóquese la naranjita entre el ojo y la lámpara, y se verá toda la parte oscura y nada de la iluminada. Entónces es *luna nueva*; míresela pocos dias despues, cuando sea visible poco despues de la puesta del sol. Parecerá un arco muy delgado, y estará en la posicion T del diagrama. Colóquese en esta posi-

cion la naranja pequeña, y la vista en la grande y se verá un arco de la mitad iluminada y una gran parte de la mitad oscura.

110. Conforme la luna se va alejando más y más del sol, y retardándose su puesta, se va viendo cada vez más de su mitad iluminada, hasta que en la posicion *F*, tenemos la media luna. Entónces esta al Sur á la puesta del sol. Colóquese la naranjita en *F*, y el ojo pegado á la naranja, y se verá comprobada la explicacion. Al cabo de otra semana vuelve la luna á ser luna llena, y está al lado opuesto del sol, con relacion á la tierra.

111. Todas estas observaciones se hacen de un modo muy senicillo, poniéndose á alguna distancia de la lámpara, que ha de ser la única luz que haya en la habitacion, y moviendo una naranja al rededor de la cabeza, presentándose así con claridad todas las fases de la luna. *La luna, pues, da la vuelta al rededor de la tierra del mismo modo que la tierra al rededor del sol, pasando desde luna llena á cuarto menguante, luna nueva, cuarto creciente y otra vez á luna llena, en unos veinte y nueve dias y medio.*

III. CÓMO LA LUNA ES CAUSA DE ECLIPSES

112. Podria pensarse por lo que acabamos de ver que la luna debe de pasar entre el sol y la tierra todos los meses, y producir lo que se llama *un eclipse total de sol*; pero, por razones de que vamos á hablar ahora, pasa algunas veces un poco encima del sol, y otras un poco debajo, y no hay

eclipse de ningun género, ó pasa cubriendo solamente una parte del disco del sol á nuestra vista, produciendo lo que se llama *un eclipse parcial*.

113. Veamos de aclarar estos puntos empleando las dos naranjas.

114. Póngase la lámpara en la mesa, y clávese la aguja de calceta que sirve de eje á la naranja grande en un acerico grande á alguna distancia de la luz; tómese en seguida la naranja pequeña, que repre-

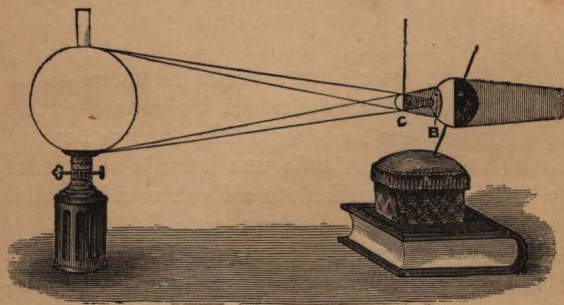


FIG. 23.—Eclipse total de sol.

senta la luna, colgada de un hilo, para que pueda dar vueltas al rededor de la tierra (Fig. 23) sin que haga sombra la mano. Colóquese la luna entre el sol y la tierra, cerca de ésta como en *C* (Fig. 23), para que la sombra de la luna caiga sobre la tierra; donde quiera que esta sombra toque á la tierra será el sol invisible, y en aquellos lugares habrá *eclipse total de sol*. En otros lugares de la tierra, en *B*, por ejemplo, á donde no llega la parte más oscura

de la sombra, todo el sol no quedará cubierto por la luna, y habrá *un eclipse parcial*, y cuanto más se separe uno de esta region, mayor será la parte del sol que vea, de modo que en derredor de la sombra total, hay otra especie de media sombra, que se llama la *penumbra*, y como ya hemos visto, cuantos lugares queden dentro de la penumbra, verán solamente un eclipse parcial.

115. Sepárese la luna de la tierra, hasta *D*, por

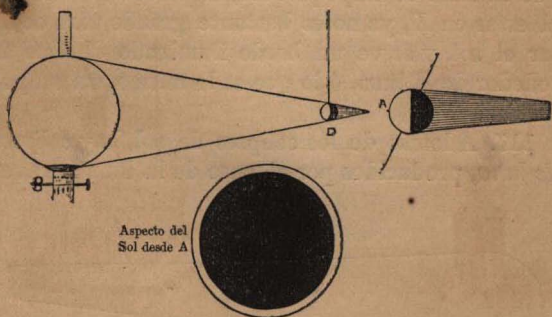


FIG. 24.—Eclipse anular de sol.

ejemplo (Fig. 24), y se verá que la sombra de la luna no es bastante larga para llegar á la tierra, de manera que no puede haber eclipse total, porque la luna está tan léjos que su disco no es suficientemente grande para cubrir al sol por completo, y queda todo el borde exterior del sol visible; esto se llama *eclipse anular*.

116. Todo esto se comprenderá mejor si se quita la naranja y en su sitio se coloca la vista. Coló-

quese primero el ojo del observador donde estaba la sombra (Fig. 24), es decir en la sombra de la luna, y se verá un eclipse total. Muévase un poco más abajo, conservando la luna en el mismo lugar, y se verá un cuarto del sol, ó lo que es lo mismo un eclipse parcial, y cuanto más se separe la vista, mayor será la parte visible del sol. Despues colóquese la vista en *A*, viendo un eclipse total, pero vaya separándose la luna poco á poco, y se verá que la luna se empequeñece, al parecer, hasta que al estar en *D*, ya no es bastante grande para ocultar el sol, y se ve un borde iluminado de éste al rededor de la luna, ó lo que es lo mismo, *un eclipse anular*.

117. Además de los eclipses de sol, hay *eclipses de luna*, producidos por el paso de la luna á traves

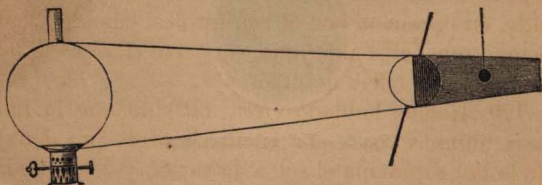


FIG. 25.—Eclipse de luna.

de la sombra de la tierra. Fácilmente se comprenderá cómo se verifican éstos, colocando la lámpara y las naranjas como ántes ; pasando la naranja que representa la luna por el lado opuesto al sol, con relacion á la tierra, entrará y atravesará la sombra de la tierra, y se oscurecerá, no como en el eclipse de sol, porque se interpone un cuerpo opaco entre

el sol y nosotros, sino porque queda envuelta en la sombra de la tierra (Fig. 25).

118. Un observador que hubiera en la luna durante un eclipse total de sol, veria la tierra con una mancha negra, que la cruzaba rápidamente, y al rededor de esta mancha un círculo de media sombra ó penumbra, dentro del cual se ve el eclipse parcial desde la tierra ; pero en el caso de un eclipse total de luna, la sombra de la tierra envuelve enteramente á la luna.

119. Ya se habrá comprendido ahora que *solamente puede haber eclipse de sol en luna nueva, y eclipse de luna en luna llena*. La razon es que cuando la luna está entre nosotros y el sol, esto es, cuando puede verificarse un eclipse de sol, tiene necesariamente que dirigirse á nosotros la parte oscura de la luna ; y cuando la luna está al otro lado, en oposicion con el sol, esto es, cuando puede ocurrir un eclipse de luna, su parte clara es la que está dirigida hácia nosotros.

120. Hemos hablado (Art. 112) de que la luna pasa algunas veces por encima y otras por debajo de la línea que une el sol á la tierra, y como podrá verse volviendo á las dos naranjas, tendria que haber todos los meses un eclipse de sol y otro de luna, si así no sucediera.

121. Tratemos de darnos la razon de que la luna pase unas veces por encima y otras por debajo del sol, y de que no haya, por lo mismo, eclipses todos los meses. Hemos visto que la luna se mueve al rededor de la tierra describiendo casi un círculo, cuyo centro es la tierra, y que se llama su *órbita*.

Representemos esta órbita con un pedazo de alambre, con el cual haremos un círculo al rededor de la naranja, y la luna por una bola ensartada en el alambre. Téngase el anillo de alambre de modo que la tierra (la naranja) quede en su centro, y muévase la luna por el alambre, y se verá que si el anillo está horizontal, la luna, á cada revolucion que haga, pasará entre la tierra y el sol, representado como de costumbre por la lámpara. Pero no sucede así realmente, y para que la luna pase encima ó debajo, no tenemos más que subir ó bajar la parte del anillo que queda entre la lámpara y la naranja.

122. Para aclarar más esto, tómese una tina de agua, como ya se hizo ántes, y póngase á flotar en el centro una bola que represente el sol, de modo que quede la mitad fuera del agua. Cerca del borde de la tina, póngase á flote otra bola que represente la tierra, y dése vueltas á ésta al rededor del sol, para representar su revolucion anual. Como dicha órbita tiene que descansar en la superficie del agua, esta superficie, como ántes lo hemos visto (Art. 67), representa el *plano de la eclíptica*.

123. Pero ya hemos sospechado que la órbita de la luna está inclinada respecto de este plano, de modo que en ciertas ocasiones no se verifica eclipse; y si tomamos el anillo de alambre, como ántes, y lo colocamos al rededor de la tierra, sumergiendo la mitad debajo del agua y conservando la otra mitad encima, como en la Fig. 26, donde la línea superior representa la parte que está sobre el agua y la pun-

teada la que está debajo, representamos la inclinacion de la órbita de la luna respecto del plano de la eclíptica, y la línea que une los puntos donde la órbita y el plano se cortan, se llama la *línea de los nodos*, siendo *B* y *D* los nodos.

124. Esto servirá para aclarar que los eclipses,

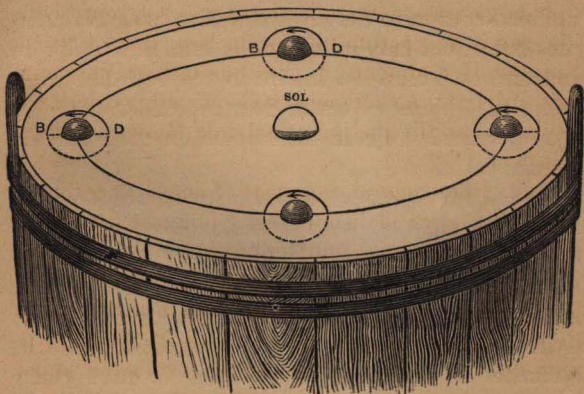


FIG. 26.—Para demostrar la inclinacion de la órbita de la luna respecto del plano de la eclíptica.

suponiendo que la órbita de la luna esté inclinada respecto del plano de la eclíptica, solamente pueden ocurrir cuando la luna se encuentre en la parte de su órbita inmediata á un nodo, en el momento de estar en una línea con el sol y la tierra, pues solamente entónces pasa en su revolucion entre el sol y la tierra. En otras partes de su órbita no puede haber eclipses, porque la bola que corre por el anillo estaria, en su mayor aproximacion á un

eclipse, encima ó debajo del agua, y no en su superficie y en línea recta con el sol y la tierra. Y como no hay eclipses todos los meses, sabemos que la órbita de la luna está inclinada, como ya lo suponíamos.

125. Hemos visto ántes que el plano del movimiento de rotacion de la tierra sobre su eje está inclinado respecto del de la eclíptica, y ahora hallamos que el del movimiento de la luna al rededor de la tierra está tambien inclinado respecto del de la eclíptica. Vamos á tratar de comprender cómo se fija la cantidad de la inclinacion en cada uno de los dos casos.

126. Para hacer esto, los astrónomos dividen todos los círculos, sean grandes ó pequeños, en 360 grados, que se escribe 360° (Fig. 27), y si trazamos dos líneas desde el centro de un círculo á la circunferencia, el número de grados que queda entre los puntos donde esas líneas encuentran á la circunferencia, es la medida del ángulo que forman las dos líneas en el centro. Ahora bien, 360 es cuatro veces 90° , de modo que las líneas que contengan la cuarta parte de un círculo forman un ángulo de 90° . Se verá que es indiferente el tamaño del círculo, trazando varios, unos dentro de otros, de modo que todos tengan el mismo centro, y desde éste dos líneas que abracen la cuarta parte ó 90° del círculo de fuera, y tambien comprenderán la cuarta parte de cada uno de los interiores. Cada 90° es la medida de un ángulo recto, y dos líneas que forman un ángulo ó abertura de 90° se dice que son perpendiculares entre sí. Un círculo com-

pleto contiene 360 ángulos de 1° , 4 de 90° , y así sucesivamente.

127. Pues bien, los astrónomos conciben un círculo cuyo centro es el centro de la tierra, y pueden

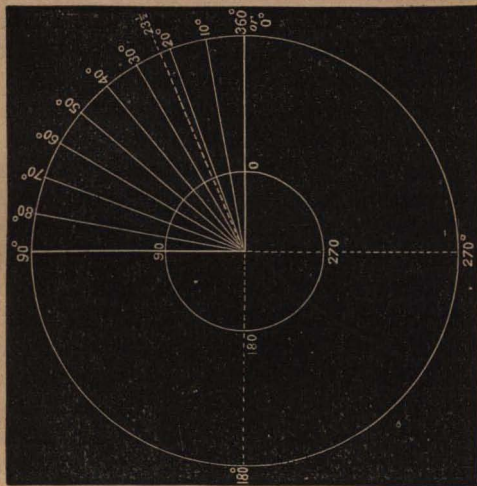


FIG. 27.—Division del círculo en grados.

con sus observaciones determinar los ángulos que forman los planos á que nos hemos referido en el Art. 125 ; y han encontrado que el ángulo formado por el plano de la eclíptica y el del movimiento de rotacion de la tierra es de 23° , próximamente ; y que el ángulo formado por el plano de la eclíptica y el de traslacion de la luna al rededor de la tierra, es un poco mayor de 5° .

IV. LO QUE PARECE LA LUNA

128. He aludido ya á lo que enseña la Geografía física, en lo tocante á la tierra. La luna está bastante cerca de nosotros, solamente dista la cuarta parte de un millon de millas, para que podamos saber mucho respecto de su superficie.

129. Si se mira á la luna á la simple vista, aparece su superficie moteada, siendo unas partes más oscuras que las otras ; los antiguos creían que las partes más oscuras eran mares, y aunque despues se ha averiguado que eran tierras secas, conservan todavía el nombre de mares ; así es que tenemos el *mar de serenidad*, *mar de tormentas*, y otros, como podrá verse mirando un mapa de la luna, porque tenemos un mapa de la luna, lo mismo que lo tenemos de la tierra. Si ayudamos la vista con un telescopio, y por pequeño que sea servirá á nuestro propósito, se ve que la superficie está completamente cubierta de montañas, colinas y valles ; pero no exactamente las montañas y valles que nosotros tenemos cubiertos de vegetacion, sino áridos y escuetos. No hay lagos ni rios, ni agua de ninguna clase que se sepa, y por consiguiente, no hay nubes que den sombra á la superficie, ocultando la luz del sol ; y lo que es más aun, no hay atmósfera, que pueda apreciarse, por cuya razon no existe probablemente vida en la luna. Casi toda su superficie está cubierta de volcanes extinguidos de enorme extension y diferentes de los que ya sabemos hay en la tierra.

130. Por estos hechos relativos á la luna, podrá comprenderse que las condiciones del planeta que habitamos no son aplicables á los otros cuerpos celestes. Hay que imaginarse un mundo sin agua, y por tanto sin hielo, sin nubes, sin lluvia ni nieves, sin rios ni arroyos, y sin la vegetacion consiguiente para el sustento de la vida animal ; un mundo sin crepúsculo ni gradacion de ningun género entre la luz del sol más ardiente y la noche más negra ; un mundo tambien sin sonidos, porque como el sonido es propagado por el aire, la montaña más alta de la luna que no tiene aire podria cuartearse y desplomarse sin producir ruido !

131. Tambien podrá comprenderse que la luna ha de parecerse á la tierra en que *no brilla con luz propia*. La parte brillante de la luna es aquella en que da la luz del sol ; donde no llega esta luz, es la luna invisible ; por esto la luz lunar es luz del sol de segunda mano, y la luna no nos da luz suya propia.

132. El diámetro (Art. 22) de la luna es de unas 2000 millas ; y en igualdad de volúmen, las materias de que se compone son más ligeros que los de la tierra, lo cual se expresa diciendo que la densidad de la luna es $\frac{2}{3}$, siendo la de la tierra 1.

133. Pero esto exige una pequeña explicacion. Se sabe que hay algunas cosas densas y pesadas, y otras muy ligeras ; el plomo, por ejemplo, es muy denso y muy pesado, y el corcho muy ligero. Ya se sabe lo que es una pulgada y una pulgada cuadrada y una pulgada cúbica. Supongamos que se toma una pulgada cúbica de plomo y una pulgada cúbica de cor-

cho y que se pesan ámbas ; podrá decirse exactamente cuánto más pesado es el plomo que el corcho. Llamando al peso ó densidad del corcho 1, el peso ó densidad del plomo será una cantidad cualquiera, y naturalmente si se toma en vez de una pulgada cúbica, una vara cúbica ó una milla cúbica, el plomo pesará exactamente el mismo número de veces más que el corcho.

134. Los astrónomos han averiguado el peso de la tierra y de la luna, y saben tambien cuántas millas cúbicas (ó pulgadas cúbicas) tiene cada una; pueden, por consiguiente, encontrar con facilidad si una pulgada ó una milla cúbica de los materiales con que está construida la luna, pesa más ó menos que una pulgada ó una milla cúbica de los materiales con que la tierra está construida ; en otras palabras, si la tierra es más ó menos densa que la luna ; y han averiguado que los materiales de la tierra pesan vez y media lo que una cantidad igual de materiales de la luna, y por esto dicen que la luna tiene una densidad solamente de dos terceras partes la de la tierra.

135. Lo más comun es que se tome como 1 la densidad ó el peso de una pulgada de agua, y así decimos que la densidad de la tierra es $5\frac{1}{2}$ veces mayor que la del agua, y la de la luna $3\frac{1}{2}$ veces. Y tenemos en el caso de cada cuerpo celeste :

a. *Su volúmen* expresado en millas ó pulgadas cúbicas, determinado por su diámetro.

b. *Su peso ó masa*, es decir, cuántas toneladas, quintales ó kilogramos pesa, lo cual se averigua por la accion que ejerce sobre otros cuerpos.

c. *Su densidad*, es decir, el peso de una pulgada ó de una milla cúbica, que se encuentra dividiendo su masa ó peso por su volúmen.

136. Siempre es el mismo el lado de la luna que mira hácia nosotros, porque al dar vuelta la luna á la tierra gira tambien sobre su propio eje, y emplea en esta rotacion exactamente el mismo tiempo que en la traslacion al rededor nuestro, de la misma manera que podria hacerse agarrando una estaca clavada en tierra, y dándole la vuelta con la cara siempre mirando á la estaca. Se veria entónces, mirando á los objetos adyacentes, que se daba una vuelta redonda cada vez que se completaba la vuelta al objeto, y probablemente llegaria uno á marearse, como prueba evidente de que se estaba haciendo un movimiento de rotacion.

137. De esto se deduce que la luna sólo da una vuelta sobre su eje en cada revolucion que hace al rededor de la tierra, y que los dias lunares equivalen á unos 29 de los nuestros. A nosotros nos alumbra el sol unas doce horas ó la mitad de 24 ; cada parte de la luna es alumbrada unos 14 dias y medio, ó la mitad de 29, de suerte que puede imaginarse cuán intensamente calentada estará la superficie durante el dia lunar y cuán fria la parte opuesta durante los catorce largos dias de noche.

III. EL SISTEMA SOLAR

I. ASPECTO QUE TENDRIAN PARA NOSOTROS CUERPOS SEMEJANTES Á LA TIERRA Y MÁS INMEDIATOS AL SOL.

138. Hasta ahora no nos han ocupado más que la tierra que habitamos, el gran sol y la luna, y las diminutas estrellas.

139. Veamos lo que observaríamos en los cielos si hubiera otros cuerpos, que no brillaran con luz propia, otras tierras como la nuestra, que hicieran revoluciones al rededor del sol, como nosotros. ¿Qué aspecto nos presentarían? Figurémonos en primer lugar un cuerpo que se moviera al rededor del sol á menor distancia de él que nosotros, y reflexionemos. La lámpara representará el sol, la

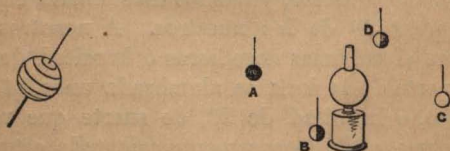


FIG. 28.—Diagrama que representa los movimientos y aspectos de un cuerpo entre nosotros y el sol.

naranja la tierra, y otra más pequeña la otra tierra ; todo lo que tenemos que hacer, con objeto de representar el aspecto del nuevo mundo en su movimiento al rededor del sol, es mover la naranja que lo representa al rededor de la lámpara y ver cómo parece desde la otra naranja en sus diferentes posiciones.

Primeramente colóquese aquella en la posición representada por *A* (Fig. 28) entre la lámpara y la naranja ; estará entonces en línea recta con el sol, y acompañará á este en su camino á través del cielo, y en ese tiempo será invisible por la brillantez superior del sol, y saldrá y se pondrá al mismo tiempo que éste ; muévase el cuerpo hasta *B*, y entonces se presentará á la derecha del sol, y saldrá y se pondrá ántes, de manera que sólo será visible ántes del día, cambiando su lugar y *errando* entre las estrellas todos los días (la palabra planeta significa *errante*), quedando apagado como las estrellas por la luz del día. Muévasele á la posición *C*, y entonces saldrá y se pondrá con el sol, quedando, como en *A*, oscurecido por los rayos del sol. Llévesele á *D*, y entonces quedará á la izquierda del sol, saldrá despues de ser de día, y se pondrá despues de la puesta del sol, de modo que sólo será visible por la noche. Un ligero exámen hará evidente que este cuerpo pasará por las mismas fases que la luna, y tambien que nunca podremos verlo á media noche. Pero habrá una diferencia importante. Al dar la tierra la vuelta al rededor del sol conservando siempre la misma distancia, el sol nos parece siempre de igual tamaño ; y como la luna gira al rededor de la tierra, conservando siempre igual distancia, siempre la vemos de igual tamaño, y repárese que no se dice de igual forma ; pero la nueva tierra que es objeto ahora de nuestro estudio, da la vuelta al rededor del sol, de modo que unas veces estará entre nosotros y el sol y otras veces en el lado opuesto del sol, de manera que variará la distancia

á que esté colocada, y en consecuencia, su tamaño aparente.

140. Por esta razon, si examináramos esta nueva tierra con un telescopio, veríamos que variaba de tamaño y además de forma como la luna, y si su atmósfera estaba clara, veríamos sus mares y continentes, y por el movimiento de los mismos, podríamos calcular cuánto tiempo tardaba en su movimiento de rotacion, ó si sus dias eran más largos ó más cortos que los nuestros.

II. CÓMO NOS APARECERIAN CUERPOS SEMEJANTES Á LA TIERRA, PERO QUE ESTUVIESEN MÁS LÉJOS QUE NOSOTROS DEL SOL.

141. Para representar el aspecto de una tierra que estuviera más léjos que la nuestra del sol, lo único que tenemos que hacer es mover la naranja, formando un círculo al rededor de la lámpara, por fuera de la órbita de la tierra. Empecemos por ponerla en el lado opuesto del sol con relacion á la tierra, y entónces quedará perdida entre los rayos del sol, y al moverla en redondo y en sentido contrario al de las manecillas de un reloj, se verá á la izquierda del sol, y se pondrá por lo tanto despues que éste, precisamente lo mismo que hizo la tierra ménos distante ; pero conforme se sigue moviéndola des pues de haber hecho un cuarto de revolucion, parece que se retira cada vez más del sol en vez de aproximarse á él de nuevo y de pasar entre el sol y la tierra ; y algunas veces viene al lado opuesto de la tierra con relacion al sol y sale al ponerse éste, y es

visible por el Sur á media noche, lo cual ya sabemos que es imposible en el caso de un cuerpo que haya entre el sol y la tierra.

142. Tambien es de notarse que casi toda la parte iluminada es visible en la tierra ; aunque en las dos posiciones que corresponden á *A* y *B* (Fig. 29),

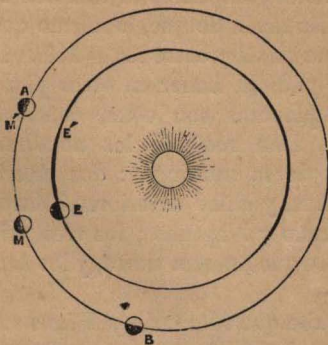


FIG. 29.—Diagrama que explica el movimiento de un cuerpo que da vueltas al rededor del sol, por fuera de la órbita de la tierra.

enseñará una parte de su lado oscuro, de manera que una tierra exterior no pasa por todos los cambios ó fases que una interior. Miéntras que la tierra interior parece oscilar de un lado á otro del sol, la exterior da la vuelta completa, exteriormente á nuestra tierra. Un cuerpo exterior varía de tamaño, pero no de una manera tan marcada como el interior.

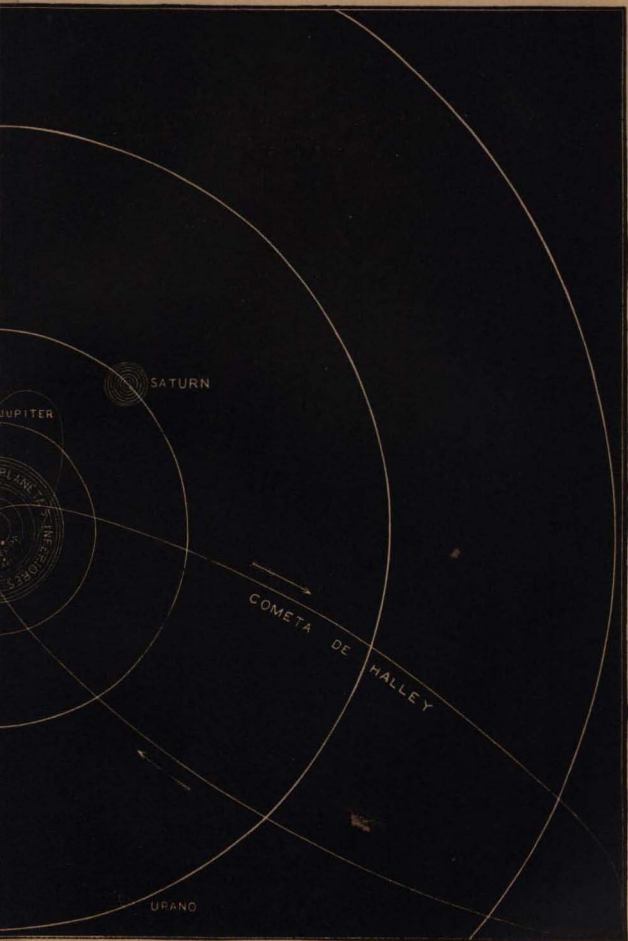
III. ¿EXISTEN TALES CUERPOS?—LOS PLANETAS

143. Existen cuerpos como los que hemos venido suponiendo, tanto interiores cuanto exteriores, y se llaman *Planetas*; la tierra es tambien un planeta, por la sencilla razon de que, lo mismo que aquellos, pareceria que andaba entre las estrellas á los astrónomos que pudiera haber en otros planetas. Los principales planetas son ocho, contando el que habitamos. Han recibido los nombres de antiguos dioses de la mitología: dos interiores, Mercurio y Vénus, y cinco exteriores, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno; los tres primeros son más pequeños que nuestra tierra, y los demas mucho mayores.

144. Se sabe que Mercurio y Vénus son planetas interiores, es decir, planetas colocados entre nosotros y el sol, porque parecen oscilar, como ya hemos visto que hacian las tierras interiores, á uno y otro lado del sol. Rara vez se aparte Mercurio del sol lo bastante para salir ántes ó ponerse despues, con bastante diferencia para ser visible; pero Vénus, se separa tanto que se ve mucho despues de ponerse el sol y mucho ántes de salir, y se llama segun los casos la estrella vespertina ó matutina.

145. Los planetas exteriores, segun vimos que hacian esos cuerpos, dan una vuelta completa á los cielos. Son todos estos movimientos, sin embargo, más complicados de los que hemos visto con las naranjas y la lámpara; porque la tierra no está





fija, sino que gira al rededor del sol, con más velocidad que los planetas exteriores y con ménos que los interiores ; y con objeto de representar los verdaderos movimientos aparentes, habria necesidad de mover la naranja que representara la tierra al rededor de la lámpara, con una velocidad que dependiera del planeta que quisiéramos representar con la otra naranja ó bola.

146. El sol y los planetas que en derredor suyo se mueven, forman lo que se llama *el sistema solar* ; del cual es un miembro todo aquello en que el sol ejerce una influencia continua.

147. Así es que además de los planetas hay otros miembros del sistema, como son los cometas y estrellas errantes, que se mencionarán más adelante con más detencion ; forman todos estos cuerpos una especie de familia, cuya cabeza es el sol, y la plancha II representa una vista de este sistema, tal como se veria mirando desde arriba ; pero es imposible con el dibujo dar una idea de la verdadera escala del sistema. Con objeto de conseguir esto, tómese un globo, cuyo diámetro sea poco mayor de dos piés, que represente al sol ; Mercurio quedaria representado proporcionadamente por un grano de mostaza, que hiciera revolucion en un círculo de 164 piés de diámetro ; Vénus por un guisante ó chícharo, en un círculo de 284 piés de diámetro ; la tierra del mismo modo, á una distancia de 430 piés ; Marte, por una cabeza grande de alfiler, en un círculo de 654 piés ; los planetas más pequeños por granos de arena en órbitas de 1000 á 1200 piés ; Júpiter por una naranja de regular tamaño,

en un círculo de cerca de media milla ; Saturno, por una naranja pequeña, en un círculo de cuatro quintas partes de una milla ; Urano por una cereza grande ó una ciruela pequeña, en la circunferencia de un círculo de más de milla y media ; y Neptuno, por una ciruela de buen tamaño, en un círculo de unas dos millas y media de diámetro.

148. Ya queda dicho que la distancia de la tierra al sol, representada en el Art. 147 por 430 piés, es realmente de 91 millones de millas, y no es posible dar una idea de esta distancia ; baste decir que un tren que anduviera 30 millas por hora y que hubiera salido de la tierra el 1º. de enero de 1875 no llegaría al sol hasta mediados del año 2213.

149. Comenzando con esta tosca idea, estudiaremos ahora los planetas interiores, á saber, los que están más cerca del sol que la tierra.

IV. LOS PLANETAS INTERIORES

MERCURIO

150. Mercurio, el planeta más inmediato al sol, hace su revolucion al rededor de éste á una distancia de unos 35 millones de millas, siendo la distancia del sol á la tierra de 91 millones ; tiene un diámetro igual á la tercera parte del de la tierra. Puede verse en ciertas épocas inmediatamente después de puesto el sol y, en otras, momentos ántes de la salida del sol, porque nunca se aparta de sus cercanías. Tarda ochenta y cuatro dias en recorrer

su órbita, de modo que su año es menor que un trimestre nuestro. Su órbita está representada en la plancha II, y como la de la luna, está ligeramente inclinada respecto del plano de la eclíptica ; es decir, que si suponemos que la órbita de la tierra flota en la superficie del agua, parte de la de Mercurio quedaría sobre la superficie y parte debajo de ella. En el diagrama podrá verse que Mercurio se nos presenta siempre cerca del sol. Cuando está á la izquierda del sol, relativamente á nosotros, va detras del sol, al parecer, en su curso diario, y se pone poco despues ; cuando está á la derecha, va delante del sol, y se pone por consiguiente ántes, y por esto sólo es visible por la mañana, cuando sale ántes de amanecer.

151. Observando á Mercurio con el telescopio, se ve que tiene las mismas fases que la luna, y por la misma causa. Esto se comprenderá mirando la Fig. 28, donde puede la pelota representar á Mercurio en sus diferentes posiciones, conforme va recorriendo su órbita. Cuando está entre nosotros y el sol (ó en lo que se llama *conjuncion inferior*) no lo vemos porque se dirige hácia nosotros su parte oscura ; y al ir dando la vuelta vamos viendo cada vez más de la parte iluminada, hasta que, cuando está opuesto á nosotros, ó en lo que se llama *conjuncion superior*, vemos toda su parte alumbrada.

152. De Mercurio se conoce muy poco ; no sabemos si tiene superficie de agua y de tierra como la tierra, ó si carece de agua como la luna ; si está envuelta ó no en una atmósfera densa que por-

teja á los habitantes, en caso de haberlos, del intenso calor del sol. Lo único que sabemos es que su densidad (Art. 133) es mayor que la de la tierra.

VÉNU

153. Inmediatamente despues de Mercurio está Vénus, á unos 66 millones de millas del sol, con un diámetro casi tan grande como el de la tierra. Generalmente se ve este planeta poco despues de anochecer ó poco ántes de amanecer, segun es el punto de su órbita en que se encuentra, de la misma manera que Mercurio, con la diferencia de que estando su órbita por fuera de la de Mercurio, puede alejarse más del lugar aparente que el sol tiene entre las estrellas, y en consecuencia, podemos examinarlo mejor. Es el más brillante de los planetas, y cuando está visible no puede equivocarse con otro. Emplea 224 dias en su revolucion anual, y 23 horas y cuarto en su rotacion sobre su eje, que determina la duracion del dia.

154. Hemos demostrado al hablar de la tierra que la inclinacion de su eje produce las estaciones, y que el polo de la tierra, en vez de estar derecho ó perpendicular á la eclíptica, está inclinado 23° (Art. 71). En el caso de Vénus, se afirma que hay una inclinacion de 50° ó casi la mitad entre la posicion vertical y la horizontal; siendo la consecuencia que las estaciones cambian allí mucho más que las nuestras.

154½. Vénus tambien pasa por las mismas *fases* que Mercurio, y no hay para qué decir que la causa es la misma. Se

sabe poquísimos referente á la superficie de Vénus; en ella se notan frecuentemente, sin embargo, marcas oscuras, pero sólo con instrumentos de primer orden, las cuales pueden muy bien ser roturas que á traves de las nubes, permitan se descubra al planeta mismo. La densidad de Vénus



FIG. 30.—Vénus, con las manchas de su superficie.

es próximamente igual á la de la tierra.

155. Pensando un poco, se verá que en el caso de Vénus, tiene que cambiar enormemente el tamaño aparente para el que lo ve desde la tierra, pues cuanto más cerca esté de nosotros tanto mayor seria si entónces lo viéramos por entero; de suerte que, aunque tiene fases como la luna, se diferencia de esta en las alteraciones de tamaño. Averigüemos la razon de esto más detenidamente. Cuando Vénus está casi entre nosotros y el sol, es decir, cuando podemos ver solamente un arco muy delgado,

está sólo á unos 25 millones de millas distante de nosotros (porque nosotros estamos á 91 millones del sol y Vénus á 66); pero cuando está al otro lado del sol, su distancia de nosotros es de 157 millones de millas (esto es, 91 que nosotros distamos del sol, más 66 que hay del sol á Vénus por el otro lado); de manera que su tamaño varía en la proporcion de 157 á 25 ó, lo que es lo mismo, de 6 á 1; así es que el arco ó media luna de Vénus nos parecerá que forma parte de un círculo 6 veces mayor que el que presenta Vénus cuando está en su fase equivalente á luna llena. La Fig. 31 explica estos cambios.

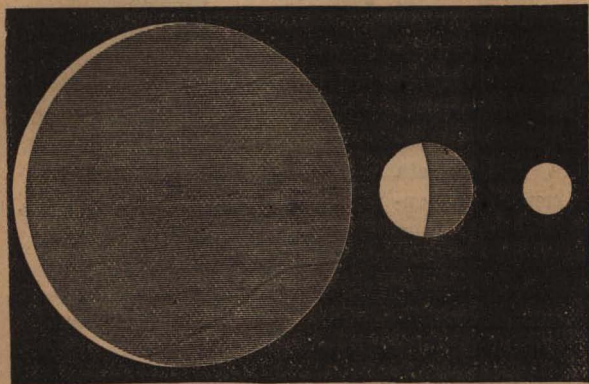


FIG. 31.—Tamaño aparente de Vénus, á su menor, media y mayor distancia de la tierra.

156. Vénus y Mercurio se ven á veces como puntos negros en el disco del sol cuando están entre el sol y la tierra. Esto se llama *un tránsito de Mercurio ó de Vénus*; esto es, el paso del planeta exac-

tamente entre nosotros y el sol, de modo que se vea sobre el disco del sol.

157. Un tránsito de un planeta interior, como un eclipse de sol por la luna, solamente puede verificarse cuando el planeta pasa por encima del sol al tiempo de estar cerca de uno de sus nodos, esto es, cuando pasa de un lado del plano de la eclíptica al otro. Un tránsito, en otras palabras, solamente puede ocurrir cuando la tierra y el planeta estén en línea con uno de los nodos. En 1874 hubo un tránsito de Vénus, habrá otro en 1882 y no volverá á haberlo por espacio de 105 años y medio.

158. Despues de Vénus, viene la Tierra, planeta que habitamos y que ha sido descrito. Pasaremos, pues, á los planetas exteriores.

V. PLANETAS EXTERIORES

159. El miembro inmediato de nuestro sistema es Marte. Marte se mueve en una órbita que tiene una distancia media al sol de 139 millas. Gira sobre su eje en 24 horas y media, lo cual hace que sus dias sean media hora más largos que los nuestros. Su diámetro es próximamente la mitad del de nuestra tierra.

160. Marte emplea 686 dias en completar su revolucion anual al rededor del sol, siendo su año

casi el doble que el nuestro. Por estar colocada su órbita por fuera de la nuestra, nunca puede pasar este planeta entre nosotros y el sol, y por consiguiente no tiene las mismas fases que Vénus ó Mercurio ; sin embargo, en dos posiciones de su órbita se vuelve lo que se llama *jiboso*, perdiendo aparentemente su brillantez hasta cierto punto por un lado, como se verá en la Fig. 29, en la cual las dos posiciones, cuando la tierra está en *E*, están marcadas *A* y *B*, y en estos dos puntos una pequeña parte del lado oscuro está vuelta hácia nosotros, presentando un aspecto como el de la luna dos ó tres dias ántes y despues de ser luna llena.

161. Cuando Marte está en el lado opuesto á nosotros con relacion al sol, en *M*, se dice que está *en oposicion* ; entónces es cuando está más cerca de nosotros (su distancia es $139 - 91 = 48$ millones de millas) y completamente iluminado, de manera que es el mejor momento para examinar el planeta. Su órbita es, sin embargo, muy excéntrica ú ovalada, y está por consiguiente más cerca de la órbita de la tierra en una direccion que en otras ; y cuando ocurre una oposicion, como sucede cuando Marte y la Tierra están en esta posicion más inmediata de sus órbitas, tenemos una oposicion muy favorable, en cuya época Marte está solamente á cosa de la mitad de la distancia á que se encuentra en el punto ménos favorable. La inclinacion de su eje es casi la misma que la de la tierra, de unos 29° , de manera que las estaciones de Marte tienen que ser muy semejantes á las nuestras.

162. Cuando se mira á la simple vista, Marte parece tener un color rojizo, por el cual puede ser fácilmente distinguido ; pero cuando se ve á través de un telescopio, desaparece algun tanto ese tinte, y el planeta presenta una superficie brillante, en la cual hay partes más oscuras, siendo la primera las tierras y las últimas los mares. Marte es el más

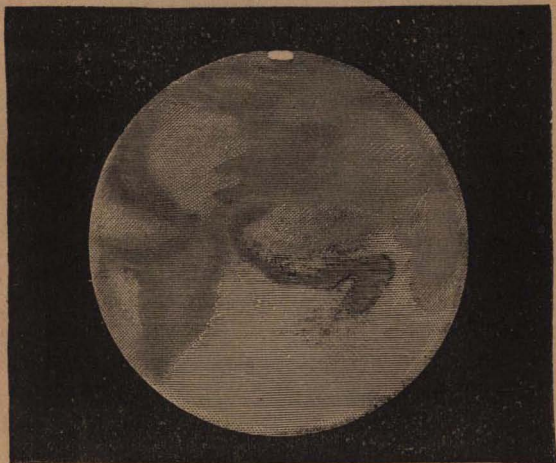


FIG. 32.—Marte, con la mancha de nieve en el polo, y con mares y tierras.

notable entre los planetas, por cuanto lo vemos exactamente como sus habitantes verian la tierra. Al rededor de sus polos parece blanca la superficie, y observando las manchas de vez en cuando se ven que disminuyen al aproximarse el verano en aquel hemisferio, miéntras que las opuestas se agrandan en invierno, lo que nos hace suponer que estas man-

chas son las nieves polares, que corresponden á las que hay en nuestra tierra. El dibujo dará alguna idea del aspecto de Marte como se ve merced á un telescopio grande, siendo uno de sus principales signos característicos que en vez de tener cuatro



FIG. 83.—Marte. Vista de otra parte del planeta.

veces más agua que tierra, como sucede en nuestra tierra, hay en Marte cuatro veces más tierra que agua.

LOS ASTERÓIDES

163. Despues de Marte llegamos á los asteróides, ó planetas menores, que son cuerpos pequeños, cuyas distancias al sol no varían mucho, y que hacen sus

revoluciones en órbitas exteriores á la de Marte. Vesta, Juno, Céres y Pálas son los principales, pero solamente tienen diámetros de algunos cientos de millas, y apénas son visibles á la simple vista, cuando lo son, y por su pequeñez son dignos de poca atencion. Sus órbitas están más inclinadas respecto del plano de la eclíptica que las de los planetas mayores, pero no conocemos la inclinacion de los ejes de estos planetas pequeños respecto de sus órbitas. Hay un buen número de ellos ; unos 130, y decimos *unos*, porque todos los años se descubren otros nuevos, y se han empleado para designarlos los nombres de casi todas las divinidades. En su mayor parte sólo son iguales en brillo á una estrella de décima magnitud, y es posible que su superficie no sea mucho mayor que el área de una finca grande.

JÚPITER

164. Exteriormente á las órbitas de los numerosos asteróides está el planeta mayor de nuestro sistema, Júpiter, cuerpo que á todo el mundo se le ha enseñado alguna vez en su vida. Cuando está sobre el horizonte, no es posible equivocarlo por su excesiva brillantez, que sólo es inferior á la de Vénus, el cual generalmente puede distinguirse por su proximidad al sol. Jupiter se mueve en una órbita á 476 millones de millas del sol, y completa su revolucion en 4333 dias.

165. Cuando es observado con un telescopio de regular fuerza, parece Júpiter de forma ovalada, muy aplastado por los polos, y está cruzado por

algunas fajas oscuras como se representa en la lámina ; tambien suelen verse en su superficie grandes manchas negras y otras señales en las que nos ocuparemos más detenidamente, y por el movimiento de ellas, se ha averiguado que tarde en hacer su rotacion sobre su eje unas 10 horas, esto es, ménos de la mitad del dia nuestro, y se ve que su diáme-

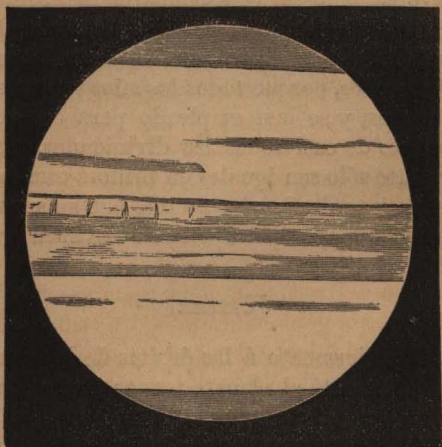


FIG. 34.—Júpiter, con los fajas de nubes.

tro es diez veces mayor que el de la tierra, de modo que el aplastamiento de los polos y la protuberancia del ecuador tienen indispensablemente que exceder mucho á los de la tierra, pues la velocidad con que se mueve el ecuador tiene que ser veinte veces mayor que la del ecuador en nuestro planeta, ó sea de 20000 millas por hora.

166. Hemos mencionado las fajas y otras señales de su superficie ; es probable que Júpiter esté cubierto por nubes, que originen su brillante aspecto, y que las fajas oscuras sean aberturas de las nubes á cuyo traves vemos la superficie más oscura del planeta, ó lo que es más probable, otras capas de nubes inferiores. El número y tamaño de las fajas están cambiando continuamente, y siempre hay como puentes de nubes lanzados sobre los espacios oscuros, que demuestran claramente que no es la superficie del planeta la que vemos, sino una atmósfera con nubes.

167. Hasta donde hemos llegado, se han diferenciado los planetas de la tierra, en un concepto, en que no tienen lunas. Júpiter tiene, sin embargo, cuatro satélites ó lunas que le dan vueltas, y que pasan por los mismos cambios que la nuestra. Todos son casi del mismo tamaño, de unas 2000 millas de diámetro, pero colocados á diferentes distancias, y por consiguiente emplean espacios de tiempo muy diferentes en dar la vuelta al rededor de Júpiter ; el primero tarda ménos de dos dias, el segundo tres y medio ; el tercero siete dias y tres horas, y el cuarto diez y seis dias y diez y ocho horas. Todos se mueven en órbitas muy ligeramente inclinadas respecto del plano de la órbita de Júpiter, y por consiguiente, siempre que pasan entre el sol y Júpiter hay un eclipse de sol visible en una ú otra parte de la superficie de aquel planeta ; solamente el cuarto tiene una órbita bastante inclinada para que pueda pasar por encima ó por debajo de la línea que une á Júpiter con el sol, impidiendo de esta

manera que haya un eclipse en todas las revoluciones. Por la misma razon tambien hay naturalmente eclipses de lunas, en cada revolucion, por la sombra del planeta.

168. Cuando se mira con un telescopio, parece que las lunas oscilan á los dos lados de Júpiter (del mismo modo que nos parecen oscilar los planetas interiores á los dos lados del sol), y al pasar de un lado á otro generalmente cruzan sobre el disco del

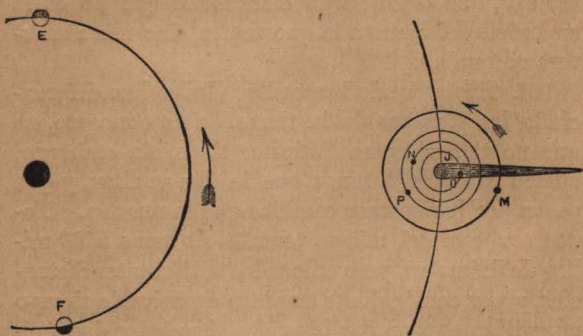


FIG. 35.—Diagrama que explica los eclipses, ocultaciones y tránsitos de los satélites de Júpiter.

planeta ; se llama este paso un *tránsito* de la luna sobre el disco. Tambien vemos la sombra de la luna atravesando el disco siempre que nos encontramos á bastante distancia de la línea entre el sol y Júpiter, para que la luna no cubra la sombra. Las lunas al pasar al otro lado en su vuelta desaparecen rápidamente, ó se *eclipsan*, al entrar en la sombra del planeta ; pero podemos encontrarnos en una posición tal que la sombra de Júpiter caiga en el lado

del planeta opuesto á aquél detras del cual pasa la luna ; el satélite pasa entónces por detras del disco sin ser eclipsado, y se dice que se ha *ocultado*. El diagrama aclarará más este punto. Cuando la tierra está en el punto *E* de su órbita, la luna *N* aparece en tránsito, la *M* está ocultada y la *O* eclipsada ; pero cuando la tierra está en *F*, ya la luna *M* no está ocultada, y entrará en la sombra y se eclipsará sin ocultacion, y desde *F* estará *P* en tránsito y *O* tambien eclipsada ; pero tan pronto como salga de la sombra, quedará detras del planeta, y reaparecerá despues de una ocultacion.

169. La inclinacion del eje de Júpiter es muy pequeña, sólo de poco más de 4° , de modo que en sus estaciones no puede haber cambio sensible. Aunque el tamaño, ó hablando más correctamente, el volúmen de Jupiter es más de 1300 veces mayor que el de la tierra—esto es, mil trescientos globos del tamaño de la tierra fundidos en un solo mundo darian solamente el volúmen de Júpiter; es su peso nada más que 300 veces mayor que el de la tierra, de modo que los materiales de que Júpiter está compuesto son mucho más ligeros que los que componen la tierra ; y si se representa por 1 la densidad de la tierra, la de Júpiter es menor que $\frac{1}{4}$.

SATURNO

170. Llegamos en seguida á Saturno, que ofrece al telescopio una vista verdaderamente grande, pues tiene, además de ocho lunas, un inmenso anillo brillante que rodea al globo. Este planeta hace la

revolucion en su órbita á unos 872 millones de millas del sol, empleando 10759 dias, ó casi treinta años de los nuestros para completar el suyo, y tiene un diámetro que es nueve veces mayor que el de la tierra. Por observaciones que han hecho de manchas y fajas que hay en su superficie (algun tanto semejantes á las de Júpiter) se ha fijado su



FIG. 36.—Saturno y sus anillos.

revolucion diurna en unas $10\frac{1}{2}$ horas, poco mayor que la de Júpiter, y es probable que Saturno tenga la misma constitucion que aquel, porque se nos presenta cubierto por una extensa atmósfera de nubes que producen fajas como las de Júpiter; tambien está compuesto de materiales muchísimo más ligeros que los de nuestra tierra, y que tienen solamente la mitad de densidad que los de Júpiter. El eje de Saturno está inclinado en un ángulo de

unos $26\frac{1}{2}^{\circ}$, de modo que sus estaciones son como las de la tierra.

171. En cuanto á los anillos, ¿qué son? Su aspecto general es el de tres anillos que están colocados el uno por fuera del otro y sucesivamente, como se ve en el diagrama, Fig. 36, siendo el diámetro del exterior de unas 166000 millas. Los dos de fuera son los más brillantes, siendo el interior ó el anillo de gasa visible sólo con un gran telescopio, y á través del mismo el cuerpo del planeta. A pesar de su enorme anchura, el espesor de los anillos no pasa de 138 millas, y cuando nos presentan el canto, como sucede en ciertas posiciones al recorrer Saturno su órbita, apenas son visibles con los mejores telescopios. Se cree que los anillos están formados por una inmensa reunion de satélites pequeños ó lunas que giran al rededor de Saturno.

172. Las ocho lunas de Saturno no son de tanto interés como las de Júpiter. La distancia á que se encuentran de nosotros nos impide generalmente observar sus eclipses y ocultaciones; además sus órbitas están muy inclinadas respecto de la de Saturno, por cuya razon son raros los eclipses.

URANO

173. Llegamos despues á Urano, del cual se conoce poco, por ser inmensa su distancia al sol, que es de 1.753 millones de millas; emplea 30.686 de nuestros dias en completar su revolucion anual, y se sabe que tiene cuatro lunas. Su diámetro es

cuatro veces mayor que el de la tierra, y su densidad $\frac{1}{3}$ próximamente de la de la tierra.

NEPTUNO

174. Viene en seguida Neptuno, el planeta más distante que se conoce en nuestro sistema, á 2746 millones de millas del sol, y que emplea 60126 días en hacer su revolucion al rededor del sol. Su diámetro es más de cuatro veces mayor que el de la tierra, y su densidad es ligeramente menor que la de Urano.

175. Su descubrimiento es interesante por que demuestra cómo pueden calcularse la posicion, masa y otros atributos de un planeta, por el efecto que producen en otros cuerpos muy distantes, ántes aún de que el planeta se haya visto realmente. Se habia notado durante mucho tiempo que Urano se movia más despacio en una parte de su órbita, y que en otra se movia más de prisa, que su velocidad ordinaria, y de estas observaciones se dedujeron la posicion, masa, períodos, etc., del planeta, ántes de que se le hubiese visto nunca, y se le encontró muy inmediato al punto en que se le habia calculado. Neptuno tiene solamente una luna hasta ahora descubierta.

VI. COMETAS, METEOROLITOS Y ESTRELLAS ERRANTES

176. Hay además de los planetas otros miembros de nuestro sistema, de diferentes especies. Podemos

decir que los planetas son los miembros del palacio del sol y que los cuerpos de que vamos á tratar son las visitas.

177. No es necesario recordar el extraño aspecto de estos cuerpos al que haya visto alguno de ellos, y al que no lo haya visto nunca, le dará alguna idea de lo que son el diagrama. Los cometas varían mucho en forma, tamaño y brillo, y no



FIG. 37.—Vista general de un cometa.

hay dos precisamente iguales ; algunas veces se parecen á un planeta pequeño ó estrella con un punto brillante llamado *núcleo*, una cola inmensa que se extiende por detras á millones de millas ; otras veces se presentan con un núcleo rodeado de una niebla ; siendo lo cierto que varían casi tanto sus formas como las de las nubes. La mayor parte de los cometas son invisibles á la simple vista.

178. La mayor parte de los cometas que desde fuera penetran en nuestro sistema, son atraídos hácia el sol, pasan junto á él, y luégo continúan alejándose otra vez de nuestro sistema ; miéntras que hay otros que pertenecen á nuestro sistema y dan vueltas al rededor del sol como los planetas, con

la sola diferencia de que en vez de tener órbitas casi circulares, son las suyas muy excéntricas, de modo que el cometa se aproxima cerca del sol una vez, y despues se separa á inmensas distancias. Hay algunos de estos cometas cuyas órbitas son conocidas, y estos llevan los nombres de sus descubridores ; tales son el de Encke, que hace su revolucion en torno del sol una vez cada cinco años, y el de Halley, que tiene un período de unos setenta y cuatro.

179. Tienen las órbitas de los cometas, muy variadas inclinaciones y algunas muy grandes, diferenciándose tambien en esto de las de los planetas, que todas están casi en el mismo plano de la eclíptica ; la mayor parte de los cometas giran al rededor del sol en sentido inverso al que llevan los planetas, por lo cual se dice que tienen un movimiento *retrógrado*.

180. Su peso es excesivamente pequeño, y su volúmen ó bulto inmenso, el de Donati, copiado en el diagrama, tiene una cola de millones de millas de longitud, á traves de la cual se ven estrellas débiles, que un humo cualquiera ó una nubecilla oscurecerian. Cuando un cometa se aproxima al sol, se forman *envolturas* ó *crines*.

181. Ahora bien, ántes de hablar más de estas extrañas cosas, preciso es recordar que quizás cuando se ha estado mirando al cielo, se ha observado un punto brillante, como una estrella, que se ha disparado rápidamente atravesando el espacio, dejando detras una ligera raya por uno ó dos segundos. En toda noche despejada y con alguna atencion pueden

verse varias. Estas se llaman *meteoros ó estrellas errantes*, y cuando caen á la tierra, como suele suceder, *aerolitos ó meteoritas*. Varían muchísimo en tamaño aparente y en brillo, siendo las más comunes las menores; las mayores, llamadas meteoros, son raras, y algunas veces se presentan tan grandes y casi tan brillantes como Júpiter ó la Luna, y atraviesan el cielo en algunos segundos, dejando detras un rastro luminoso.

182. Naturalmente, el químico puede examinar los cuerpos que caen en la tierra, y averiguar de



FIG. 88.—Cabeza y envoltura de un cometa.

qué se componen, como ha encontrado de qué está compuesta la tierra. Algunos son de una naturaleza metálica, y otros especialmente pétreos. Al penetrar en nuestra atmósfera, se calientan tanto que se queman y los pequeños quedan consumidos ántes de llegar á la tierra; los mayores no se consumen por entero, pero se funden sus superficies y quedan notablemente reducidos de tamaño. En

el Museo Británico, de Lóndres, se pueden ver algunos que no se han destruido y que llegan á pesar tres toneladas.

183. Merced á una observacion constante se ha averiguado que en diferentes noches la mayor parte de las estrellas errantes parecen venir de ciertas partes del cielo, y que en ciertas noches del año hay muchas más que en las otras. Hay, por ejemplo, las bien conocidas lluvias de 13 de noviembre y 10 de agosto, las primeras procedentes de la constelacion del Leon, y llamadas por esta razon las Leónidas, y las de agosto de Perseo, llamadas las Perseidas.

184. Sabemos que estos meteoros viajan al rededor del sol como los planetas, y lo extraño es que cuando nos ponemos á examinar la forma, tamaño y posicion de sus órbitas, encontramos que son las mismas que las de algunos de los cometas; así es que, supuesto que cometas y meteorolitos tienen el mismo camino ú órbita, puede suponerse que los cometas son nubes de meteorolitos. Esta idea de una conexion entre unos y otros cuerpos es uno de los mayores descubrimientos que ha hecho la ciencia de la astronomía en los últimos años; y las observaciones en el hermoso cometa visible en 1874 han demostrado ser muy posible que el calor y la luz de un cometa sean debidos á chocar en el espacio estos mismos cuerpos que, cuando entran en nuestra atmósfera, parecen estrellas errantes, porque sabemos que los cometas no son muy calientes, que se componen en parte de partículas ó masas sólidas, y que el vapor que exhalan es de la misma sustancia que se sabe que existe en los aerolitos.

185. Los cometas fueron mirados con terror por los antiguos, á causa de su repentina y curiosa apa-

ricion, y se les atribuía toda clase de calamidades. Sabemos, por ejemplo, que hacía el año 975 sintieron los etíopes y los egipcios los espantosos efectos del cometa á que Typhon, quien reinaba entónces, dió su nombre. Apareció todo encendido, y retorcido en forma de una espiral, con un aspecto espantoso. Más que una estrella, era un monton de fuego. Así vemos que la ciencia sustituye el terror que se sentía en las pasadas edades con la admiración hacía las maravillas del universo en que vivimos.

IV. EL SOL—LA ESTRELLA MÁS PRÓXIMA

I. LA INFLUENCIA DEL SOL EN EL SISTEMA SOLAR

186. En lo hasta ahora explicado se ha querido hacer ver lo que es la tierra (no ciertamente de lo que se compone, lo cual se aprenderá en las *Nociones de Química*; ó cuál es su aspecto, cómo en su superficie tiene tierras ó mares ó cómo está rodeada por una atmósfera, lo cual se aprenderá en las *Nociones de Geografía Física*) y se ha averiguado que es un cuerpo frio que viaja al rededor del sol, y que por ser frio no tiene luz propia, siendo la que tiene prestada del sol.

187. Despues se ha podido ver que es uno de los varios cuerpos semejantes que viajan al rededor del sol, cuyos cuerpos, llamados planetas, son frios como la tierra, y por lo mismo no despiden luz propia.

188. Tambien se ha visto que la duracion del año

terrestre, y de los años de los demas planetas, depende del tiempo que cada uno emplea en dar la vuelta al rededor del sol ; y además que la duracion del dia de la tierra, y la de los dias de los otros planetas, depende de la velocidad con que cada planeta gira sobre su eje, presentando á la luz del sol las diferentes partes de su superficie.

189. Más adelante se ha visto cómo la inclinacion del eje de la tierra, y la del eje de cada planeta, determina las estaciones, cuyo cambio es principalmente debido á la diferencia, en cualquier período del año, entre el tiempo durante el cual está cada parte del planeta expuesto al sol y el tiempo durante el cual está fuera de la influencia del sol.

190. De manera que se ve que el sol tiene que hacer con todo. ¿Qué es, pues, ese sol, que ocupa la posicion central, en cuyo derredor todos los planetas viajan, y que tan importante es para los mismos que hasta su misma vida depende de sus rayos ?

II. EL CALOR, LA LUZ, EL TAMAÑO Y LA DISTANCIA DEL SOL

191. Primeramente hay que decir que se puede considerar al sol como un globo del fuego más activo ; el calor del sol es tan enorme que es inútil intentar dar una idea siquiera. Recuértese que ya se ha dicho que la tierra, y los demas planetas eran unos cuerpos frios ; esto es, cuerpos en cuyas superficies pueden existir varias sustancias en el estado sólido, y por esto hablamos de la *sólida tierra* ;

pero en el sol no hay nada sólido, todo existe en forma de vapor encendido al blanco.

192. Despues, hay que decir que, como consecuencia de este extremado calor, brilla el sol con luz propia. Recuérdesse que se ha dicho que los planetas y sus lunas (incluyendo por supuesto la nuestra) no brillan con luz propia.

193. Y por último, hay que decir que el sol es un globo de dimensiones tan enormes, que es 500 veces mayor que todos los planetas reunidos. Si se tomase cerca de un millon y medio de Tierras, y se las fundiese en una sola bola, se tendria un globo poco más ó ménos del tamaño del sol.

194. Se ha dicho ya que la distancia del sol á nosotros es de unos 91 millones de millas. El entrar en el modo de medirla nos llevaria demasiado dentro del campo de las matemáticas, contra mi propósito ; pero lo que sí puede decirse es, que una vez conocidos su tamaño aparente y la distancia, puede averiguarse su diámetro de esta manera. Tracemos líneas imaginarias de los dos limbos del sol al ojo, como AB y AC , Fig. 39, y CB repre-

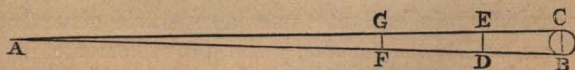


FIG. 39.—Cómo se determina el tamaño del sol.

sentaré el diámetro del sol ; vemos que la inclinacion que entre sí tienen las dos líneas es tal que todas las líneas trazadas de una línea á otra, como DE ó FG , son iguales en longitud á $\frac{1}{107}$ de su distancia á A , de modo que tambien BC es $\frac{1}{107}$ de

la distancia AB , que sabemos es de 91 millones de millas ; dividiendo esta cantidad por 107, tenemos 850.467, que es la distancia de B á C , ó el diámetro del sol expresado en millas.

III. A QUÉ SE PARECE EL SOL

195. No hay muchas observaciones que puedan hacerse en el sol sin el auxilio de un telescopio * y vidrios oscuros, y su calor y luz intensas hacen peligroso que se le mire sin especiales precauciones. Si se ahuma un pedazo de vidrio con la llama de una bugía, y con el vidrio así ahumado se mira al sol, parecerá que es un objeto redondo y brillante, porque cada una de sus partes brilla con luz propia ; diferente en esto de la luna, el sol siempre es redondo. Esta parte brillante se llama el *fotosferio*. Con los telescopios se ven frecuentemente *manchas* negras en su superficie, y son éstas, á la verdad, de bastante tamaño para ser visibles sin el auxilio telescópico.

196. En las inmediaciones de las manchas se ven porciones más brillantes que la superficie general ; éstas se llaman *fáculas*, y son probablemente inmensos bancos de vapores más brillantes de algunos miles de millas de extension. Observando las manchas y las *fáculas* de vez en cuando, se ve que cambian constantemente de forma.

* Cuiden los niños de no mirar al sol con un telescopio pequeño, porque podría cegar el que lo intentara.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS
DONACIÓN
ALFREDO COLMO
IV. MANCHAS DEL SOL

197. Aun cuando está el sol tan léjos de nosotros, son estas manchas delicados objetos en el telescopio, á consecuencia del inmenso tamaño del sol y de la violencia de las fuerzas que funcionan. Se da un dibujo de una (Fig. 40) tan grande que podrian meterse algunas Tierras en el espacio que ocupa.

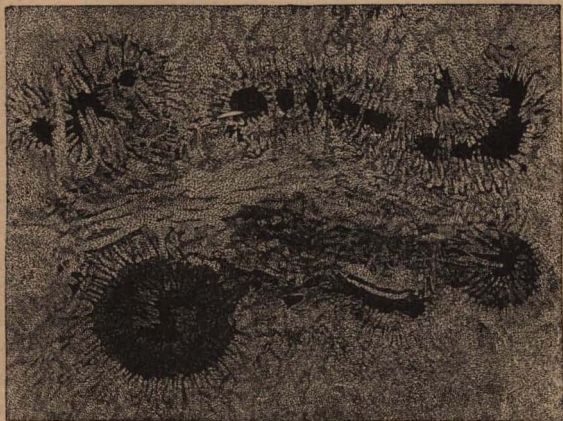


FIG. 40.—Una mancha del sol.

198. Observando estas manchas y anotando con cuidado sus posiciones, y observándolas otra vez al cabo de uno ó dos dias, se ve que han cambiado de posicion hácia el Oeste, y que se mueven gradualmente desde el lado del Este del disco del sol, hasta el del Oeste, por donde poco á poco desaparecen.

199. Ahora bien, al ver que todas tienen el mismo movimiento y en la misma dirección, se hace evidente que la superficie del sol se mueve y se lleva las manchas, y si se observa una muy marcada cuando desaparece por el Oeste del disco, se verá que á los 12 días vuelve á presentarse otra vez por el lado del Este, y que llega á la posición en que primero se la observó en unos 25 días, tiempo que ha empleado en atravesar el disco y dar la vuelta por detras.

200. La superficie del sol por tanto ha dado una vuelta completa en 25 días, ó en realidad el sol entero está girando con dicha velocidad al rededor de su eje, llevando consigo manchas y fáculas.

201. Veamos ahora qué clase de cosa es una mancha. Si se observa una bastante regular que está en el centro del disco, se la ve redonda; si la misma es observada de nuevo algunos días después, ya cerca del borde, no presentará ya la misma forma, pues, al parecer, la mitad más oscura se ha movido hacia la izquierda, mientras que la media sombra que hay á su al rededor se ha desvanecido. Veamos lo que esto nos enseña. Tómese un platillo de café, comun, y después de ennegrecer la parte en que generalmente se coloca la taza, mírese hacia él perpendicularmente; se verá que la parte negra está rodeada igualmente por las partes inclinadas, como en *A* (Fig. 41); tuérase ahora el platillo de modo que se vea más de canto, y se verá que desaparece completamente el borde á mano izquierda, mientras que el de la derecha queda casi plano en frente de los ojos, y tendrá el aspecto de *C*.

202. Ahora bien, si en un gran globo se cortara una cavidad como el platillo, pasaria por los mismos cambios que vimos en el platillo y en la mancha, de donde podemos deducir que las manchas



FIG. 41.—Explicacion del aspecto que presentan las manchas del sol.

del sol son huecos que hay en la brillante superficie del sol ; pero por otros experimentos se sabe que estos huecos no están vacíos, sino llenos de gases que detienen la luz que sale de la parte interior.

V. LA ATMÓSFERA DEL SOL

203. El redondo sol que vemos no es todo lo que hay en el sol, sino solamente su parte más densa ; la ménos densa y los vapores luminosos se extienden cientos de miles de millas más allá del sol visible ; pero generalmente no alcanzamos á verlos, como no vemos estrellas cuando el sol nos alumbra ; sin embargo, en los eclipses cuando, como ya se ha visto, queda interceptada la luz del sol por la luna, podemos verlos, como podemos ver tambien las estrellas (Art. 114). Los vapores luminosos parecen entónces con colores exquisitos, siendo los más comunes los rojos. Estos vapores, sin embargo, se vuelven más brillantes cuanto más cerca están del

sol, y forman una envoltura al rededor suyo, que se llama el Cromosferio, y pueden ser observados por un método especial. Se ve entónces que los

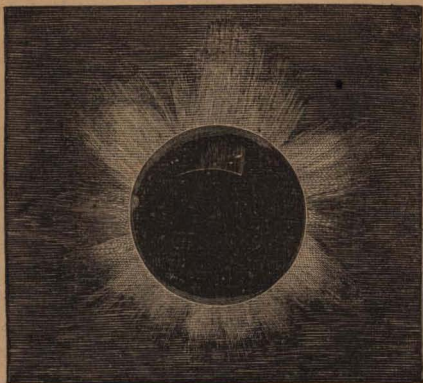


FIG. 42.—La atmósfera en forma de corona del sol.

vapores más ligeros del sol real son lanzados dentro de su atmósfera exterior, llamada la *atmósfera coronaria*, que toma formas fantásticas, llamadas prominencias, que cambian rápidamente.

VI. DE QUÉ ESTÁ HECHO EL SOL

204. Analizando la luz del sol por medio de un espectroscopio, instrumento que descompone la luz en sus colores simples, de la misma manera que se ve la luz descompuesta en todos los colores del arco iris por los cristales que cuelgan de las arañas de los teatros, se ha visto que existen en el sol muchos de nuestros metales, naturalmente no en su estado

sólido, sino en estado de vapor, pues allí el calor es tan intenso que los metales se evaporan del mismo modo que nosotros convertimos el agua en vapor. El principal de todos los elementos del sol que conocemos es el gas hidrógeno, y despues vapores de magnesio, calcio, sódio, hierro, manganeso, nickel, barium, estroncio, y muchísimos metales más, además de otros dos gases probablemente, que no se han encontrado todavía en la tierra.

205. Supuesto que, como ya se ha visto, el sol está compuesto de tanta cantidad de gases, no es extraño que sea su densidad mucho ménor que la de la tierra, y á la verdad que es ménos que la cuarta parte de la de nuestro planeta.

VII. EL SOL ES LA ESTRELLA MÁS PRÓXIMA

206. Se ha puesto mucho cuidado en tratar con alguna extension de lo que se llama la constitucion física del sol, no ya por que en él tengamos un ejemplo de una clase de cuerpos muy diferentes de los planetas, como ya se ha visto, sino porque sabemos ahora que *el sol es una estrella*, mayor y más brillante que las otras estrellas, no porque no sea como ellas, sino simplemente porque está tan cerca de nosotros.

207. Podemos, pues, ahora definir el sistema solar diciendo que consiste, en general, en un número de cuerpos frios que giran al rededor de uno caliente. *Así como podemos tomar la tierra por tipo de los planetas, tambien podemos tomar el sol como tipo de las centellantes estrellas que pueblan las profun-*

didades del espacio ; y no es demasiado aventurar, el suponer que cada estrella está rodeada de su familia de planetas, de la misma manera que el sol.

V. LAS ESTRELLAS

I. LAS ESTRELLAS SON SOLES DISTANTES

208. Desde el sol, la estrella más próxima, que nos da calor y luz, tenemos que dirigirnos ahora á las que están más distantes. Despues de lo que va dicho, no hay que sorprenderse porque nos traslademos de un cuerpo grande como el sol, cuyos rayos son tan ardientes, á esos ténues puntos de luz distribuidos en los cielos, cuyo poder de calentar es imperceptible, porque dichos pequeños cuerpos centellantes son soles, que esparescen luz y calor como nuestro sol ; solamente que están á distancias tan increíbles de nosotros—la distancia de algunas de las estrellas más pequeñas es 500.000 veces mayor que la del sol—que su tamaño se hace inapreciable ; tenemos, sin embargo, razones para creer que muchas de ellas son algunos cientos de veces mayores que nuestro sol.

II. BRILLO DE LAS ESTRELLAS

209. Cuando en la noche miramos á las estrellas, una de las primeras cosas que notamos, es que no todas brillan con la misma intensidad. ¿ Consiste esto en que son más pequeñas las unas que las otras,

ó son las más brillantes las que están más inmediatas? Difícil es decirlo exactamente; porque en algunos casos las estrellas brillantes son las más próximas á nosotros, y en otros casos hay algunas pequeñas á la misma distancia, de modo que tanto el tamaño como la distancia son causa de las diferencias de brillo.

210. Se clasifican las estrellas en *magnitudes* segun su orden de brillo, y se dice que las más brillantes son de *primera magnitud*; las que vienen despues, de segunda magnitud, hasta la décimo-quinta y décimo-sexta, que requieren los telescopios más poderosos para ser vistas. La estrella que apenas se ve á la simple vista en una noche oscura, viene á ser de sexta magnitud. Despues de lo que se ha dicho no podrá suponerse que la magnitud significa tamaño real, pues una gran estrella puede estar muy léjos, y ser clasificada segun su brillo á la par de una mucho más pequeña que esté más inmediata.

211. Hay unas 3.000 estrellas en las seis magnitudes primeras, que se perciben desde luego á la simple vista, y hay más de 20.000.000 visibles con los grandes telescopios.

212. Tambien se habrá notado, en una noche oscura y despejada, una zona ó banda de luz débil, que se extiende desde un lado del horizonte, pasando por encima de nuestras cabezas hasta el otro lado del horizonte. Se llama *la via láctea* y se compone de un número casi infinito de estrellitas, que al parecer están tan reunidas que forman una masa luminosa; y de los 20.000.000 de estrellas telescópicos,

probablemente son 18.000.000 las colocadas en la vía láctea. Una vista de ésta nos da una ligera idea de la inmensidad de nuestro universo, al considerar que no es la inmediación real de las estrellas lo que observamos, sino solamente su inmediación aparente, pues probablemente están colocadas una casi detrás de la otra, de modo que queden en la misma línea visual, pero á distancias entre sí quizás tan grandes como la que hay desde nuestro sol á la estrella que está más cerca.

213. Si se supone que en un bosque, en el cual todos los árboles estén equidistantes, se coloca uno cerca de uno de los lados, parecerá que los árboles están más cerca y juntos en el lado opuesto. Lo mismo sucede con las estrellas de la vía láctea; allí está el mayor número de estrellas en la línea de la vista.

214. Los colores de las estrellas son varios; las hay blancas, anaranjadas, rojas, verdes y azules. Por ejemplo, Sirio es blanco, Arturo amarillo, Betelgeuse rojo, pero estos colores se ven mejor con el auxilio de un telescopio que á la simple vista.

III. LAS CONSTELACIONES

215. Desde los tiempos más remotos de la historia, se han agrupado las estrellas en *constelaciones*, cada una de las cuales recibió un nombre caprichoso segun el ser ú objeto que se creia que representaban las estrellas que la componian. El sol en su carrera pasa sobre las *constelaciones del*

zodiaco, visibles naturalmente en ámbos hemisferios, el del Norte y el del Sur, de la Tierra. Son éstas Aries, Taurus, Géminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagitarius, Capricornio, Acuario y Piscis.

216. Las constelaciones visibles en el hemisferio del Norte, encima de las del zodiaco, se llaman *constelaciones boreales*, y son las que siguen :

Ursa Major.	Osa Mayor ó Carro.
Ursa Minor.	Osa Menor.
Draco.	El dragon.
Cepheus.	Cefeo.
Boötes.	El boyero.
Corona Borealis.	La corona boreal.
Hercules.	Hércules.
Lyra.	La lira.
Cygnus.	El cisne.
Cassiopea.	Casiopea.
Perseus.	Perseo.
Auriga.	El cochero ó carretero.
Serpentarius.	Ofiuco ó serpentario.
Serpens.	La serpiente.
Sagitta.	La flecha.
Aquila.	El águila.
Delphinus.	El delfin.
Equuleus.	El caballito.
Pegasus.	Pegaso.
Andromeda.	Andrómeda.
Triangulum.	El triángulo.
Camelopardalus.	El cameleopardo ó girafa.
Coma Berenices.	Cabellos de Berenice.
Canes Venatici.	Los perros de caza.
Vulpecula et Anser.	El zorro y la oca.
Cor Caroli.	El corazon de Cárlos.

217. Las constelaciones visibles en el hemisferio del Sur encima de las del zodiaco, se llaman *constelaciones Australes*, y son :

<i>Cetus.</i>	La Ballena.
<i>Orion.</i>	Orion.
<i>Eridanus.</i>	Eridano.
<i>Lepus.</i>	La liebre.
<i>Canis Major.</i>	El can grande.
<i>Canis Minor.</i>	El can pequeño.
<i>Argo Navis.</i>	La nave Argo.
<i>Hydra.</i>	La hidra.
<i>Crater.</i>	El cráter.
<i>Corvus.</i>	El cuervo.
<i>Centaurus.</i>	El centáuro.
<i>Lupus.</i>	El lobo.
<i>Ara.</i>	El altar.
<i>Corona Australis.</i>	La corona austral.
<i>Piscis Australis.</i>	El pez austral.
<i>Monoceros.</i>	El unicornio.
<i>Columba Noachi.</i>	La paloma de Noé.
<i>Cruz Australis.</i>	La cruz del Sur.

218. Con objeto de aprender las posiciones de las diversas constelaciones y estrellas, se necesita un mapa de estrellas ó planisferio, y una persona que vaya señalando las principales, para principiar, que son las no escritas en las anteriores listas con letra bastardilla.

219. Las estrellas de cada constelacion se distinguen anteponiéndoles alguna letra del alfabeto griego, siendo la más brillante llamada *alfa* (α), la segunda en brillo *beta* (β), y así sucesivamente; y cuando se han empleado todas las letras, se empieza con los números 1, 2, 3; de esta manera podemos

referirnos á una estrella α Lyræ, alfa de la Lira, como la más brillante de la constelacion de la Lira; ó β Cygni, la beta del Cisne, como la segunda en brillo de la constelacion así llamada; 61 del Cisne, y así sucesivamente, de suerte que cada estrella tiene su designacion propia. Además de estos nombres, tienen las estrellas principales otros particulares; así la α Lyræ se llama tambien Vega, α Canis Majoris, Sirio, α Boötis, Arturo, y otras por el mismo orden.

IV. MOVIMIENTOS APARENTES DE LAS ESTRELLAS

220. Al hablar de la tierra vimos que era sólo un observatorio movible, y que por lo mismo teníamos que distinguir el movimiento real de los cuerpos externos, del que tenia el cuerpo en que habitamos. Volvamos ahora al mismo asunto. Comparemos la tierra con un bote en el mar y figurémonos que estamos en el bote; si sin saberlo nosotros el bote vira repentinamente, parecerá que todos los buques que están á la vista han dado una vuelta con la misma rapidez, en direccion opuesta; pero seria extraordinariamente improbable que todos los buques lo hicieran con la misma velocidad, conservando sus posiciones relativas, de modo que se echará de ver en seguida que nuestro bote se ha movido, y nó los buques. Precisamente de la misma manera, como hemos visto que la tierra gira sobre su eje, y nó las estrellas al rededor nuestro, es sólo aparente el movimiento diario de las estrellas.

221. Voguemos ahora hasta dar la vuelta con el bote á un buque. Las posiciones relativas de éste y de los demas barcos han cambiado, y parece que el buque pasa entre nosotros y los otros buques sucesivamente. Lo mismo nos pareceria estando el bote quieto y moviéndose en derredor suyo los buques distantes, pero desde luégo notaremos que es nuestro bote el que se movia. Otro tanto sucede con nuestra revolucion anual al rededor del sol, por efecto de la cual nos parece que el sol pasa sucesivamente al lado de las estrellas, y que las que están en verano en línea recta con él están del lado contrario en el invierno.

222. En la infancia de la astronomía estos dos movimientos aparentes de las estrellas eran los únicos conocidos, y con objeto de averiguar si las estrellas estaban realmente fijas, se hicieron mapas de ellas para compararlos con las estrellas mismas al cabo de algunos años, y en estas comparaciones no se notó alteracion en las posiciones, de donde dedujeron los antiguos que las estrellas estaban fijas, y de aquí vino el nombre de *estrella fija*; pero ya veremos que habia en esto un error, producido por la inexactitud de los mapas.

223. Cuando en años posteriores se inventó un método mejor de fijar las posiciones de las estrellas, no tardó en descubrirse que no eran siempre las mismas las posiciones de las estrellas, y que de esto era causa el que el eje de la tierra cambiaba de direccion, lo mismo que un trompo que baila, vacila ántes de caer; y como naturalmente dependian las posiciones de la que tuviera el eje de la tierra, se

encontraba que estaban continuamente cambiando. Éste es, pues, otro cambio *aparente* en la posicion de las estrellas, y este movimiento aparente da lugar á lo que se llama la *precesion de los equinoccios*.

224. Ahora que los astrónomos conocen éste y otros movimientos, esperan siempre ver un cambio continuo en la posicion de las estrellas, y lo que es más, pueden calcularlo de antemano ; pero si se ve que al cabo de un número de años no corresponden las posiciones de las estrellas con las calculadas, despues de tener en cuenta todos los movimientos aparentes que se conocen, tiene indispensablemente que haber algun otro movimiento de la tierra ó de las estrellas, con el cual no se contó en el cálculo. Pero ántes de seguir más adelante, volvamos á nuestro bote y á los barcos.

225. Supongamos que el barco y el bote avanzan en la misma direccion, y veamos cuáles son los cambios aparentes que se producirán en los otros buques que están á uno y otro lado. Parecerá que se mueven en la direccion contraria ; aquellos á los cuales nos acerquemos se separarán más entre sí, al parecer, y aquellos de que nos alejemos parecerá que se juntan ; pero al mismo tiempo que nosotros, pueden los buques estar en movimiento en diferentes direcciones, y entónces no parecerá que se mueven regularmente segun hemos supuesto ; pero si hubiere un gran número á la vista, serán más los que se muevan aparentemente segun nuestra suposicion, que en sentido contrario, pues habrá casos en que los movimientos aparentes queden compensados por los

movimientos reales, y otros en que los dos movimientos se unan, de modo que podremos nosotros juzgar del que nos es propio.

226. Esto es exactamente lo que sucede ; se ve que en una direccion tienen las estrellas una tendencia á estrechar sus distancias, y en la opuesta á separarse, aunque, como los barcos, se juntan unas en la direccion en que la mayor parte se separan, y vice-versa ; pero observando el movimiento de un buen número de estrellas, podemos saber que el sol, y con él naturalmente todos los planetas, está siempre progresando hácia un punto de la constelacion de Hércules.

V. MOVIMIENTOS REALES DE LAS ESTRELLAS

227. Si se ve un buque que se mueve entre otros, cuyo movimiento no podemos explicarnos suponiendo que nuestro bote se mueva, desde luégo presumiremos que aquel barco tiene un movimiento real propio. Del mismo modo, cuando se ve una estrella que se mueve *entre las otras*, podemos decir con toda seguridad que tiene un movimiento propio ; y por medio de una observacion cuidadosa durante una larga serie de años se ha descubierto que un número muy grande de estrellas tiene lo que se llama un *movimiento propio*. Arturo, por ejemplo, se mueve á razon de más de cincuenta y cuatro millas por segundo, velocidad tres veces mayor que la de nuestra tierra en su movimiento de traslacion al rededor del sol. Hay razones mecáni-

cas para creer probable que todas las estrellas están en movimiento.

VI. ESTRELLAS MÚLTIPLES

228. No solamente tienen ese movimiento propio, recorriendo un camino, sino que *algunas estrellas se dan vueltas recíprocamente*. Toman éstas el nombre de *estrellas dobles y múltiples*, según que sean dos ó más las que recíprocamente se mueven, como se ve en la Fig. 43.

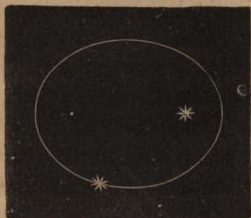


FIG. 43.—Órbita de una estrella doble.

229. Están lo que se llama físicamente relacionadas entre sí, estando tan juntas que una hace su revolución al rededor de la otra, lo mismo que la tierra al rededor del sol, sino que en vez de hacer la revolución en un año, el período más corto que se conoce de revolución de una doble estrella es treinta y seis años. Hasta ahora han sido descubiertos 800 de estos sistemas.

230. Las distancias á que se encuentran las estre-

llas son tan inmensas que sus planetas, en caso de tenerlos, serian invisibles para nuestros más potentes instrumentos ; pero es probable que cada estrella sea el centro de un sistema planetario ; en el caso de estrellas dobles unidas, los planetas de la una deben de estar tan cerca de la otra, que recibirán de ésta una cantidad considerable de luz ; esos planetas tendrán dos soles, y en algunas casos, dos soles que les darán luces de diferentes colores.

VII. GRUPOS DE ESTRELLAS Y NEBULOSAS

231. Además de las estrellas esparcidas en que nos venimos ocupando, hay un número de manchas blancas en el cielo, como pedazos pequeños de la vía láctea, de los cuales son algunos, aunque pocos, visibles á la simple vista. Cuando se miran con un telescopio, se ve que ciertas manchas son agrupaciones estrechamente unidas de estrellas pequeñas ; en algunas, pueden verse con telescopios de poca fuerza las estrellas separadas, pero en otras se necesita valerse de los mejores telescopios. Aquellas agrupaciones en las que se ven fácilmente las estrellas, se llaman *grupos*, y las que requieren gran potencia telescópica para distinguir las estrellas separadas, y aquellas que ni aún así pierden su aspecto de nube, se llaman *nebulosas*.

232. Podemos por tanto dividir estos objetos en tres clases : (1) *los grupos*, en los cuales se ven fácilmente las estrellas, y que poco á poco se van confundiendo en (2) *las nebulosas que se resuelven*.

esto es, en que aún se distinguen las estrellas ; y (3) las *nebulosas que no pueden resolverse*, es decir, en que no podemos absolutamente distinguir las estrellas. El espectroscopio ha demostrado que algunas de esas nebulosas tienen una naturaleza dis-



FIG. 44.—El grupo de estrellas de Hércules.

tinta de las estrellas ó de una coleccion de estrellas, y que por esta razon no se parecen á los *grupos*.

233. Pero no es esto todo ; no solamente existen masas parecidas á nubes que pueden separarse en estrellas, y masas análogas que sabemos que no pueden componerse de verdaderas estrellas, sino que algunas estrellas, examinadas detenidamente,

parecen estar rodeadas por una especie de niebla, y



FIG. 45.—La gran nebulosa de Orion.

sabemos que éstas no son verdaderas estrellas, y se llaman *estrellas nebulosas*.

234. Tanto los grupos como las nebulosas pueden dividirse en otras dos clases, desde diferente punto de vista ; las que son de forma muy irregular, como las de las Figuras 44 y 45, y las que tienen una forma más aproximada á la globular.

VIII. NATURALEZA DE LAS ESTRELLAS Y DE LAS NEBULOSAS

235. Ya se ha dicho ántes que las estrellas son soles distantes, pero no hay que suponer por esto que todas ellas sean exactamente como el sol, pues es lo cierto que hay pruebas de lo contrario. Entre las más brillantes, hay algunas que parecen tener atmósferas más simples que la del sol ; esto es, que no contienen todos los elementos expuestos en el Art. 204 ; y entre las que son más turbias, y sobre todo entre aquellas cuya luz es rojiza, parece que las atmósferas son de otra naturaleza que la del sol, *como si*—hay que reparar que sólo se dice, *como si*—dichas estrellas fuesen más frias que el sol.

236. Aunque las nebulosas parecen ser muy diferentes de las estrellas, es posible que haya entre unas y otras una conexion muy íntima, pues se ha creído que las estrellas se forman por la agrupacion de los materiales de que se componen las nebulosas, y que en ese procedimiento quedan tambien formados los planetas. Se ignora si son las nebulosas masas de gases inflamados, ó nubes de piedras que se entrechocan, y que producen por esto una apa-

riencia luminosa, pero la última teoría es la más probable.

237. La idea á que acabamos de referirnos, de la conexión de las nebulosas con las estrellas y los planetas, supone que una nebulosa en su primer período se está continuamente empequeñeciendo y redondeando, y que cuando quizás ha llegado ya á un grado suficiente para dar lugar á la aparición de una estrella nebulosa, teniendo cada vez más calor, deja detras de ella, al rededor de su ecuador, al contraerse más todavía, anillos de vapor un tanto parecidos á los anillos de Saturno (Art. 170), que llegan á romperse y á formar una masa globular de vapor, que por último constituye un planeta. El centro sigue haciéndose cada vez más denso y caliente, por fin, disminuyendo aún la cantidad de contracción, brilla como un sol verdadero, y pasa á dar luz y calor á aquellas masas, ya enfriadas y habitables, á que ántes habia dado nacimiento. Así pues brilla como una estrella primero, que despues se va volviendo pálida, y acaso roja, ántes de llegar al estado de extinción que tiene que alcanzar seguramente; porque no hay que olvidar que toda masa de materia tiene con el tiempo que dejar de dar luz y calor, ya sea esa masa un monton de carbones en la estufa, ya una estrella de los cielos.

VI. CÓMO SE DETERMINAN LAS POSICIONES DE LOS CUERPOS CELESTES, Y QUÉ EMPLEO SE HACE DE LAS MISMAS.

I. RECAPITULACION—MAPAS DE ESTRELLAS

238. Tenemos ahora que entrar en otra parte de nuestro estudio. Ya hemos tratado de los movimientos reales de la tierra, de la luna y de los planetas, y últimamente de las estrellas, y de los movimientos aparentes que son efecto del movimiento real de la tierra. Hemos aludido á la naturaleza de las nebulosas, de los soles y planetas, y adquirido una idea del verdadero lugar de la tierra en la Naturaleza ; sabemos que es un cuerpo frio que se mueve al rededor de una estrella que se está enfriando, siendo los dos cuerpos probablemente resultado de la condensacion y consiguiente calentamiento de una nebulosa.

239. Se ha dado tambien una idea de los estrellados cielos ; de cómo las estrellas, llamadas fijas, han sido agrupadas en constelaciones, recibiendo nombres, letras ó números, segun su importancia y brillantez ; de cómo el sol durante el dia, y la luna y las estrellas por la noche, están continuamente cambiando de lugar entre las estrellas con el orden y la regularidad más perfectos.

240. Ahora habrá que fijar la atencion en la bóveda celeste, considerando á las estrellas sola-

mente como objetos cuya posicion tiene que trasladarse á un mapa ; y lo primero que es preciso comprender es la manera de determinar las posiciones, para luégo ver qué uso podemos hacer de ellas.

241. No siendo muy torpe, puede hacer cualquiera un borrador de mapa con las posiciones de las estrellas ; pero para los fines astronómicos han de ser conocidas las posiciones de las estrellas con mucho mayor exactitud que la que podria conseguirse en una mera copia ; y aún cuando los mapas fueran perfectamente exactos, seria muy incómodo tener que hablar de una estrella, diciendo que estaba al Sur, ó debajo de otra muy conocida, ó á la izquierda ó al Oeste de cualquier otra ; se ha adoptado por esta razon otro método de fijar sus lugares y de poder referirse á sus posiciones.

II. DISTANCIA POLAR

242. Supongamos que el ecuador y los polos de nuestro globo se extienden por fuera de la superficie de la tierra hasta llegar á las estrellas, como si sus sombras se proyectaran por una luz que hubiera en el centro de la tierra, sobre el globo hueco imaginario, en el cual parecen estar fijas las estrellas y que se llama *la esfera celeste*. La sombra del ecuador de la tierra es *el ecuador celeste*, y medimos en grados al Norte y al Sur desde las sombras de los polos, llamando á esta distancia *distancia polar*.

243. De esta manera podemos decir qué estrella ó qué parte del cielo está exactamente en el polo, porque no tendrá movimiento. Tómese la naranja y clávese un alfiler en cada polo ; si se hace girar la naranja, el alfiler estará siempre indicando el mismo punto. Así, pues, será 0° la distancia polar. Ahora bien, con un telescopio que tenga círculos graduados, podemos encontrar este punto del cielo y deprimiendo el telescopio 10° desde este punto (lo que puede hacerse fácilmente por medio del círculo pequeño á que está fijado, pues ya se ha visto que todos los círculos, sean grandes ó pequeños, se dividen en 360° , Art. 126), podemos determinar las estrellas que tienen 10° de distancia polar, y sucesivamente las que tienen 20° , 30° , hasta llegar á 90° , las cuales marcan naturalmente la posicion del ecuador celeste, esto es, la línea de los cielos que queda exactamente á la mitad del camino entre los polos del Norte y del Sur, como el ecuador terrestre en la tierra.

III. NO ES SUFICIENTE LA DISTANCIA POLAR

244. De esta manera, pues, podemos determinar la distancia polar de las estrellas ; pero desde luego se comprenderá que hay una multitud que pueden tener la misma distancia polar, porque podemos clavar toda una hilera de alfileres en la naranja, de modo que está cada uno de ellos á la misma distancia del otro alfiler que marca el polo de la naranja.

245. Es necesario, pues, distinguirlas y separarlas de alguna manera. No se olvide que se trata de fijar la posición de una estrella. Y para empezar ¿cómo se fijaría la posición de un punto en un pedazo de papel? Veamos. Tómese una hoja de papel $ABCD$, Fig. 46, y clávese en ella un alfiler

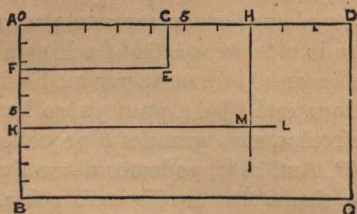


FIG. 46.—Cómo definir la posición de un punto.

ó hágase un punto en E . Veamos ahora cómo podemos determinar su posición; divídase el lado AD en 10 partes iguales, por ejemplo, y AB en el mismo número de partes; después, uniendo EG y EF , se verá que E está á $4\frac{1}{2}$ divisiones de AB medidas en la línea AD , y á $2\frac{1}{2}$ divisiones de AD medidas en la línea AB ; de modo que podemos fijar en seguida la posición del punto E refiriéndonos á las orillas del papel. Del mismo modo, si se quisiera colocar un punto á las siete divisiones de AB y á las 6 de AD , se trazaria una línea HI desde la séptima división que hay en AD , y otra KL desde la sexta división de AB , y el punto M en que se cruzan serán el punto que se quiere situar.

246. Obsérvese ahora bien que no basta con decir

que *E* está á $4\frac{1}{2}$ divisiones de *AB*, porque podia haber una línea entera de alfileres ó puntos á la misma distancia de *AB*, y que no es bastante decir que *E* está á $2\frac{1}{2}$ divisiones de *AD*, porque de igual manera podria haber una línea entera de alfileres ó puntos á dicha distancia.

247. Obsérvese tambien que en el instante que tenemos dos medidas, y que se cortan en ángulo recto (no se habrá olvidado lo que esto significa) las líneas que las expresan, podemos averiguar con la mayor exactitud la posicion de un alfiler ó punto que haya en el papel.

248. Otro tanto sucede con las estrellas. Ya hemos explicado una clase de medida, la que empieza en los polos y mide las distancias de las estrellas á los polos, ó lo que viene á ser lo mismo, la distancia al ecuador, porque cuando sabemos el número de grados á que está una estrella del polo, la diferencia entre ese número y 90° nos dará la distancia al ecuador, porque naturalmente el ecuador está á 90° de cada polo. En el diagrama de la Fig. 47, he dibujado el ecuador y líneas rectas de 10° en 10° entre el ecuador y cada polo.

IV. ASCENSION RECTA

249. Por esto es evidente, que para determinar por completo la posicion de una estrella, necesitamos otra línea que corte á las anteriores en ángulo recto. Tómese otra vez la naranja y clávese al rededor de ella una hilera de alfileres, que marquen el ecuador *AB*, Fig. 47. En seguida, clávese otra

fila de alfileres CD que corte en ángulos rectos á la primera. Esta segunda fila tomará la forma de un segundo círculo de alfileres, que pasen por los

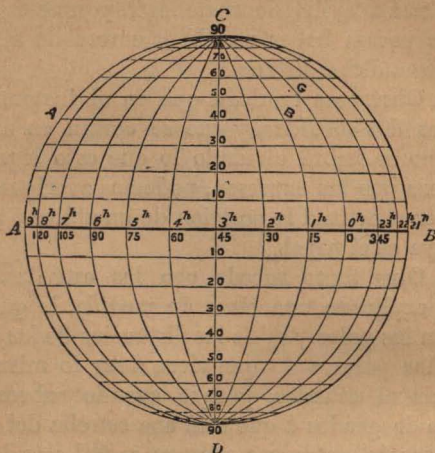


FIG. 47.—Cómo se determinan las posiciones de las estrellas.

polos de la naranja y que cortan el ecuador en dos puntos opuestos.

250. El ecuador y la fila de alfileres que lo representa, pueden estar solamente en un sitio de la naranja, que está á la mitad de la distancia entre los dos polos. Pero puede hacerse el segundo círculo donde se quiera, y puede suponerse que hay un número infinito de estos círculos, que corten todos el ecuador en ángulos rectos y en dos puntos opuestos, y que pasen todos por los polos; naturalmente podemos suponer que están separados entre sí, á

distancia de 1° , de 10° , ó de cualquier número de grados. Si suponemos que están á 15° , entónces como los cielos parecen dar la vuelta á la tierra en 24 horas, cada uno de estos círculos pasará sobre un lugar dado de la tierra cada hora, porque $15^\circ \times 24 = 360^\circ$.

251. Pero no hemos vencido aún todas las dificultades. Todos estos círculos son iguales ; tenemos, por lo tanto, que escoger uno para medir desde él, como lo hacemos desde el ecuador. Quizás se piense que se haria pasar el primero por la estrella más brillante ; pero no es así ; uno de los dos puntos del ecuador celeste que está exactamente en el plano de la eclíptica (Art. 67) es el escogido. Este punto se llama *el primer punto de Aries*.

252. Determinado éste, todo lo que los astrónomos tienen que hacer es arreglar primero su reloj para que las estrellas parezca que viajan al rededor de la tierra exactamente en 24 horas ; para que marque $0^h 0^m 0^s$, cuando este círculo imaginario que pasa por el primer punto de Aries, pase por lo que se llama el *meridiano*, que es un círculo imaginario que pasa sobre nuestras cabezas de Norte á Sur, y anotar el tiempo en que cada estrella pase por el mismo. Cuando cada estrella, sea cualquiera su distancia polar, pasa por esta línea, el reloj, si marcha bien, demostrará su distancia *en tiempo* desde el primer punto de Aries. Así decimos que la Ascension recta de la estrella más brillante (α) del Toro, es $4^h 28^m$; de la estrella más brillante de la Virgen, $13^h 18^m$, y así sucesivamente.

V. RECAPITULACION

253. Entendido lo que precede, se verá que el lugar de la estrella está situado ó definido :

Primero—Por su distancia en grados desde el polo, lo cual se llama *distancia polar*; con lo cual (como se ha dicho en el Art. 249) podemos determinar fácilmente su distancia desde el ecuador, que se llama *declinacion*.

Y *segundo*—Por su distancia en tiempo desde el círculo máximo que pasa por el primer punto de Aries, y ésta se llama *Ascension Recta*.

254. Determinadas así posiciones de todas las estrellas, *podemos calcular qué posicion ocuparán en un momento dado entre las estrellas, el sol, la luna ó cualquiera de los planetas*.

255. Éste es uno de los más útiles resultados de la ciencia astronómica, porque nos permite hacer mapas de la superficie de la tierra, y tambien pone en disposicion al viajero que se encuentra en el desierto ó al marinero que ha perdido de vista la tierra, de saber exactamente en qué parte de la superficie se encuentra.

VI. LA LATITUD DE LOS LUGARES EN LA TIERRA

256. Veamos ahora cómo podemos fijar la posicion de cualquier lugar en la tierra. Si quisiéramos decir dónde estaba una ciudad ó aldea de las cercanías, se diria probablemente á tantas millas de dis-

tancia, siguiendo éste ó el otro camino, al SO. por ejemplo, de nuestra casa. Esto responde muy bien para cortas distancias, pero nunca serviria para referirse á todos los lugares, la distancia y direccion desde nuestra casa, ó desde ningun otro punto. Si la tierra fuera llana, podríamos usar el método enseñado en el Art. 246 ; pero como no es plana, lo que se hace es lo siguiente ; medimos desde el ecuador hácia el polo en ámbos hemisferios, y si se mira un globo se verá que hay un número de círculos trazados á igual distancia unos de otros entre el ecuador y los polos. Estos círculos se llaman *paralelos de latitud*.

257. Recuérdesse que las posiciones de los cuerpos celestes han sido determinadas respecto del polo de la tierra y por medio de su rotacion. Ahora bien, pensando un poco, se verá que si hubiera una estrella de la cual se supiera que tiene 0° de distancia polar, esa estrella estaria exactamente sobre la cabeza del que se colocara en el polo Norte, y *por lo mismo se sabria que se estaba en el polo si dicha estrella pareciera estar fija exactamente sobre la cabeza*. Si hubiera una estrella de la cual se supiera que estaba á 90° de distancia polar, esa estrella estaria exactamente sobre la cabeza del que estuviera en el ecuador ; y por lo mismo, *se sabria que se estaba en el ecuador si dicha estrella pasase sobre la cabeza*.

258. De un modo análogo podemos determinar, para cualquier punto al Norte ó al Sur del ecuador, la distancia en grados que hay entre el punto y el ecuador, observando qué estrella ú otro cuerpo ce-

leste cuya declinacion (Art. 253) se conozca, está encima de aquel lugar. Y este es el significado del ecuador y de los círculos paralelos á él, que se ve en mapas y globos. Es indispensable haber hecho ántes una observacion, cuyo principio ya queda sentado, para anotar las posiciones de los lugares. Así, pues, en los mapas se encontrará que la distancia de Lóndres al ecuador es $51\frac{1}{2}^{\circ}$ hácia el Norte, porque la estrella γ del Dragon, que tiene una declinacion Norte de $51\frac{1}{2}^{\circ}$, pasa exactamente sobre Lóndres.

259. Esta distancia de un lugar de la tierra al ecuador terrestre se llama *latitud*, y la distancia de una estrella al ecuador celeste se llama declinacion (lastima es que no se use la misma palabra para las dos cosas) y naturalmente tenemos *latitud Norte y Sur*, como hay declinacion Norte y Sur.

260. Tambien puede determinarse la latitud de un lugar por la altura aparente de la estrella polar sobre el horizonte, de la misma manera precisamente que se determina la redondez de la tierra. El que está en el ecuador ve la estrella polar en su horizonte, su altura es entónces 0° , pero si se va $68\frac{1}{2}$ millas al Norte, está 1° sobre su horizonte, y se dice que es entónces su latitud 1° , y así sucesivamente, aumentando por grados hasta ser 90° en los polos. Así, si estamos en cualquier lugar, ó tiempo, mídase la altura de la estrella polar, y con ella tenemos nuestra latitud y podemos fijar nuestra situacion en un mapa ó globo.

261. Hemos supuesto que hay una estrella en el mismo polo para estas observaciones, para mayor

sencillez ; pero en realidad no hay estrella que esté absolutamente en el mismo polo, pues la que se llama la *polar* está á cosa de $1\frac{1}{2}^{\circ}$ de él, y hay siempre que contar con esta diferencia.

262. No habrá dificultad ninguna para comprender que por la misma razon que un buen número de alfileres en la naranja pueden estar á igual distancia del polo de la naranja, y un gran número de estrellas pueden tener la misma distancia polar, un buen número de lugares de la tierra pueden tam bien tener la misma latitud. Así es, Nápoles tiene casi la misma latitud que Pekin y Nueva-York.

VII. LA LONGITUD DE LOS LUGARES DE LA TIERRA

263. Para determinar finalmente, pues, la situacion de un lugar en la superficie de la tierra, necesitamos algo más que haga las veces en la tierra de la *ascension recta* en las cielos. Este algo se llama *longitud*.

264. Para conseguirla, imitan los geógrafos á los astrónomos ; suponen un círculo que rodea á la tierra á manera de cinturon, que corta al ecuador terrestre en ángulos rectos en dos puntos opuestos, y que pasa por los polos de la tierra ; y miden á contar de este círculo.

265. Es la pregunta natural ¿y cuál es? Realmente no importa dónde se tome este punto de partida ; así, como cosa corriente, cada nacion del mundo usa uno distinto, tomando el que pasa por

la línea que marca el centro de uno de los principales instrumentos de su observatorio central. En Inglaterra se cuenta desde el círculo que pasa por el anteojo de tránsitos, en Greenwich. En los Estados-Unidos por el que pasa por el observatorio de Washington; en Méjico por el de la capital del mismo nombre; en la República Argentina por el de Córdoba; en Francia por el de Paris; en España por el de San Fernando, y así sucesivamente.

266. Hay aún otra pregunta que hacer: *¿Cómo se mide?* La situación de un lugar de la tierra, al Este ó al Oeste del círculo que pasa por Greenwich, por ejemplo, se determina exactamente del mismo modo que la posición de una estrella, que esté al Este ó al Oeste del círculo que pasa por el primer punto imaginario de Aries. *Es cuestion de tiempo.*

267. Para probarlo, empleemos otra vez la naranja y la aguja de hacer calceta. Representétese el círculo que pasa por los polos y Greenwich, con una hilera de alfileres. Cada alfiler figurará un observador, reloj en mano, cuyo reloj marcará la hora del reloj de Greenwich, y uno de aquellos representará el observador que esté en Greenwich; enciéndase una lámpara ó una vela que supondremos ser una estrella, y hágase girar la naranja de Oeste á Este, como lo marca la Fig. 9, para representar el movimiento de la tierra. La hilera de alfileres estará toda al mismo tiempo entre la vela y la aguja de hacer calceta, y por lo mismo, todos los relojes de nuestros supuestos observadores anota-

rán el paso de la estrella imaginaria en el mismo momento.

268. Así que todos los lugares que estén exactamente al Norte ó al Sur de Greenwich tendrán el mismo punto de partida de tiempo que Greenwich ; en otras palabras, tendrán la misma longitud.

269. Saquemos ahora el alfiler que representaba á Greenwich y pongámoslo al Oeste de la hilera de alfileres. Como la naranja tiene que seguir moviéndose del Oeste al Este, claro está que este alfiler vendrá á estar entre la lámpara y la aguja despues que ya haya pasado la hilera ; esto es, que habrá una diferencia en las horas á que pasan por la lámpara la hilera de alfileres y el alfiler que está solo, supuesto que todos los relojes están arreglados á la hora de Greenwich. Supongamos que en la hilera de alfileres es la hora de Greenwich 1^h ; claro es entónces que como el alfiler que representa á Greenwich pasó despues por debajo de la lámpara, el reloj en el mismo Greenwich indicaba algo despues de 1^h, por ejemplo, 2^h. Hay, pues, una diferencia de tiempo de una hora entre los dos lugares, y todos los que tengan la misma longitud representada por la hilera de alfileres quedarán al Este de Greenwich.

270. Supongamos que la lámpara representa el sol. El sol da el tiempo *local* para un lugar, porque son las 12 (lo bastante aproximadamente para nuestro propósito actual) en un lugar, cuando el sol queda al Sur, ó cruza el meridiano á medio dia. Si tenemos, pues, esta hora local y la de Greenwich al mismo tiempo, podemos decir en primer lugar si

estamos al Este ó al Oeste de Greenwich, y luégo á qué distancia al Este ó al Oeste. Si cuando son para nosotros las 10 de la mañana, son las 12 en Greenwich, estamos situados al Oeste de Greenwich, y tiene la tierra que seguir girando dos horas ántes de que estemos debajo del sol ; si son las 2 de la tarde cuando sean las 12 de la mañana en Greenwich, entónces estamos al Este de Greenwich, pues hemos pasado por debajo del sol dos horas ántes. Esa diferencia de $12^h = 180^\circ$; de $6^h = 90^\circ$ al Este ó al Oeste, y así sucesivamente ; de modo que nada importa que contemos la longitud en grados ó en horas, porque puesto que hay 24^h ó 360° en el ecuador, cada hora corresponde á 15° . Tambien expresamos la longitud de un lugar por su distancia al *Este de Greenwich* en horas, de manera que en vez de decir que un lugar está veinte y tres horas al Oeste, decimos que está una hora al Este.

271. En la práctica surge una dificultad para averiguar, estando á alguna distancia de Greenwich, la hora exacta en este último punto. Se han ensayado muchos sistemas, con objeto de conocer en una estacion de observadores la hora que es en otra cualquiera. Se han disparado cohetes y cañonazos, se han encendido hogueras, y se han hecho toda clase de señales á horas determinadas con este objeto ; pero estos medios no hay para qué decir, que sólo sirven para distancias cortas, y para las largas tienen que llevarse de una estacion á otra cronómetros cuidadosamente arreglados, que marquen la hora exacta ; pero ahora que hay alambres telegráficos de un punto á otro, como desde Europa

á América, es fácil hacer saber á cada estacion la hora que es en otra cualquiera. Para los buques que están en el mar sirven los cronómetros por poco tiempo, porque están expuestos á variaciones.

272. Hay ciertos fenómenos astronómicos, cuyo momento de verificarse puede predecirse, y que ocurren á una distancia tan grande de la tierra que son visibles sobre una gran parte de su superficie en el mismo momento de tiempo; estos están publicados en los almanaques náuticos, y entre ellos se cuentan los eclipses de las lunas de Júpiter, y la situacion de nuestra propia luna. Supóngase que en Greenwich ha de verificarse un eclipse de una de las lunas de Júpiter á la 1^h, tiempo de Greenwich, y que se observa en un lugar cuando en él son las dos, es decir, dos horas despues de haber pasado el sol por el meridiano, entónces marca precisamente la 1^h de la tarde el reloj de Greenwich, miéntras que el de aquel lugar señala las 2^h de la tarde, y la diferencia de las horas locales es 1^h, y el lugar está 1^h ó 15°, al Este de Greenwich. Si el eclipse se hubiere observado á las 12^h de la mañana, entónces el lugar tiene que estar 1^h al Oeste de Greenwich.

VII. POR QUÉ SON TAN REGULARES LOS MOVIMIENTOS DE LOS CUERPOS CELESTES.

I. LO QUE ES PESO

273. Ya hemos visto que las estrellas son útiles al hombre, por cuanto podemos calcular exactamente en qué parte de los cielos estarán en cualquier momento venidero, y naturalmente esto no podría conocerse si su movimiento ó el nuestro fueran irregulares. Antes de concluir, es indispensable tratar de comprender cómo es que podemos predecir los movimientos.

274. Esto nos lleva á la parte más mecánica de la astronomía, á las leyes de los movimientos de los cuerpos celestes. Creyeron los antiguos que la tierra estaba parada y el sol y los planetas daban vueltas en derredor suyo. Esta idea, sin embargo, fué reemplazada por la verdadera que ya se ha dicho, y entónces se suscitó la cuestion, ¿Porqué dan vueltas? Se supuso primero que los planetas eran arrastrados á un vórtice ó remolino de alguna clase; y despues se demostró que los planetas dan vuelta al rededor del sol y las lunas al rededor de sus principales, no exactamente formando círculos, sino lo que se llama elipses, y no conservando al sol enteramente en el centro. Newton demostró que debia de ser así por principios mecánicos, y nos importa conocer por qué.

275. Todo el mundo ha visto muchas veces una pelota ó piedra lanzada al aire y que vuelve á caer en tierra, pero no es probable que se haya preguntado á sí mismo ¿por qué cae? mas, haciendo esa pregunta, se responderia en seguida, “porque todas las cosas que tienen peso caen á tierra,” y así se saldria de la dificultad, solamente para entrar en otra. ¿Por qué tienen las cosas peso? es la pregunta inmediata. La respuesta es, que *todas las sustancias se atraen entre sí de la misma manera que el iman atrae al hierro*; así, pues, una piedra atrae á otra piedra, pero con fuerza muy pequeña, y siendo la tierra una masa inmensa de diferentes sustancias, atrae á todas las cosas que están encima de ella con tanta fuerza que en comparacion es inapreciable la atraccion de una piedra á otra piedra.

276. El peso ó gravedad de cualquier cosa sólo quiere decir, por consiguiente, la fuerza con que la tierra la atrae, y la hace gravitar hácia sí misma.

277. Ahora bien, el poder de atraccion de los cuerpos está en proporcion de la cantidad de materia que contienen. Por ejemplo, si la tierra fuera doble su tamaño, componiéndose siempre de los mismos materiales, atraeria hácia ella con doble fuerza de la que hoy tiene, y en consecuencia todo pesaria doble de lo que hoy pesa, así que nuestras piernas tendrian que cargar tanto peso como si continuamente lleváramos una persona á caballo en la espalda. Así mismo si doblamos la cantidad de materia atraida por la tierra, se doblará tambien la fuerza con que es atraida, ó su peso. Por ejemplo,

una pinta de agua pesa una libra y cuarto, luego dos pintas pesan dos libras y media.

278. Hemos usado ántes (Art. 135) las palabras *cantidad de materia ó masa*. Una pinta de plomo contiene mayor cantidad de materia ó tiene una masa mayor que una pinta de agua, y la palabra *masa* es en la práctica un mero equivalente de peso, miéntras estemos en la superficie de la tierra; pero una libra de peso aquí pesaria más de dos libras en Júpiter, aunque no se cambiara la cantidad de materia ó masa. Así, al tratar de los pesos de los cuerpos bajo diferentes atracciones, tenemos que valernos de una palabra que exprese una cantidad constante de materia.

279. Si se doblara en tamaño nuestra tierra, una libra de peso aún serviría para tener en el fiel la balanza con otra libra de peso puesta en el otro platillo, porque ámbos habrían aumentado realmente su peso á dos libras; así es que tenemos que emplear otros medios para determinar una alteracion cualquiera de la fuerza de gravedad.

280. Puede arreglarse un muelle de modo que sirva para este propósito, pues no la altera en modo alguno la gravedad; pero el método más exacto es averiguar la distancia desde donde cae un cuerpo á la tierra en un tiempo dado, generalmente en un segundo, pues cuanto mayor sea la atraccion tanto mas rápida será la caída; en la superficie de la tierra caerá un cuerpo en el vacío, ó espacio sin aire que le presente resistencia, á razon de 16 piés ($= 4\frac{9}{10}$ metros) en un segundo, y al fin de este segundo será su velocidad 32 piés ($= 9\frac{1}{2}$ metros)

por segundo—esto es, si la fuerza de gravedad cesara al fin del segundo, caería á razon de 32 piés (ó $9\frac{1}{2}$ metros) en el segundo inmediato.

281. La fuerza de gravedad en la superficie de la tierra está, pues, representada por 32. En la superficie de Júpiter es $2\frac{1}{2}$ veces mayor que en nuestra tierra y está representada por 78, lo cual quiere decir que un cuerpo en libertad para caer llegaría á una velocidad de 78 piés por segundo.

II. LA GRAVEDAD DISMINUYE CON LA DISTANCIA

282. Ya hemos dicho que el peso de una cosa cualquiera en la tierra significa la fuerza con que ésta la atrae ; ahora debemos añadir que esta fuerza no es la misma para cuerpos que se encuentran á diversas distancias de la tierra.

283. Todo el que haya tenido un imán en sus manos habrá notado probablemente que los pedazos de hierro son atraídos con más fuerza cuando están mas cerca del imán ; esto se ve fácilmente poniendo una aguja de coser en una mesa y deslizando hácia ella un imán ; se verá que á una distancia de algunas pulgadas, no es la aguja atraída con suficiente fuerza para vencer el rozamiento que tiene al rodar sobre la mesa, y hay que acercar el imán hasta que la fuerza sea bastante para vencer la resistencia, y entónces la aguja se precipita hácia el imán.

284. Justamente lo mismo sucede con la gravitación ; cuanto más léjos está un cuerpo de la tierra,

ménos es atraído ; y Newton descubrió que la fuerza de gravedad á una distancia doble no era la mitad, sino la mitad de la mitad, ó la cuarta parte ; que si la distancia era triple, no era la fuerza un tercio, sino el tercio del tercio, ó un noveno ; que si la distancia era ocho veces mayor, habia que multiplicar ocho por ocho, ó lo que se llama elevarlo al cuadrado, lo que hace 64, y colocando un 1 encima $\frac{1}{64}$, demostrando que la atraccion á ocho veces la distancia es sólo un sesenta y cuatro avo de la que era en un principio.

III. CÓMO SIRVE ESTO PARA EXPLICAR EL MOVIMIENTO DE LA LUNA AL REDEDOR DE LA TIERRA

285. Newton probó esto por el movimiento de la luna de la manera siguiente : la luna, como ya sabemos, da la vuelta al rededor de la tierra ; pero todavía no hemos aprendido el por qué. Ahora, sin embargo, estamos preparados á descubrir que se sostiene en su casi circular órbita por la atraccion de la tierra que obra sobre ella, como la honda sobre la piedra, la impide que se escape, como lo haria si se rompiera la cuerda de la gravedad, lo mismo que la piedra se escapa en línea recta cuando se suelta la honda.

286. Estudiemos esto con el auxilio de un diagrama, en el que *E* representa la tierra y *MBA* la órbita de la luna, y supongamos que está la luna en *M* ; si entónces cesara de funcionar la gravedad, la luna continuaria en la misma línea recta en que se movia al tiempo de cesar la gravedad, y se iria hácia

N , y en un segundo llegaría, por ejemplo, á M' ; por la acción de la gravedad vemos que la luna se encuentra realmente en B , demostrando que la atracción de la tierra ha producido el efecto de arrastrarla de M' á B , y supuesto que conocemos la dimension de la órbita de la luna, sólo es cuestión de un cálculo para saber la distancia de M' á B , que la atracción de la tierra ha arrastrado á la luna en un segundo, que es poco ménos de un diez y ocho avo de pulgada.

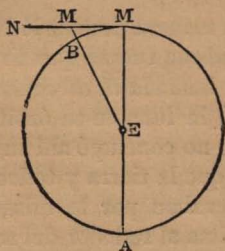


FIG. 48.—La caída de la luna hácia la tierra.

287. Vemos ahora si este resultado conviene con la idea de Newton. ¿Qué distancia debe un cuerpo recorrer al caer, ó qué distancia debe ser atraído en un segundo, estando á la distancia que está la luna? La luna está distante de la tierra 240000 millas, en números redondos, y la superficie de la tierra está á 4000 millas de su centro, en cuyo punto podemos considerar que está concentrada toda la atracción, y 4000 en 240000 cabe sesenta veces, de manera que la luna está justamente del centro de la tierra á sesenta veces la distancia que hay desde la super-

ficie al mismo centro ; y la atraccion tiene que ser sesenta veces sesenta, ó 3600 veces menor á la distancia á que está la luna ; pero la fuerza de gravedad de la superficie de la tierra es tal que los cuerpos caen diez y seis piés en un segundo, de manera que á la distancia en que está la luna, caerian $\frac{1}{3600}$ de pié por segundo, ó $\frac{1}{18}$ de pulgada, que es la cantidad observada, como ya hemos visto.

IV. LA ATRACCION DE LA GRAVITACION

288. De esta manera descubrió Newton que precisamente la misma fuerza que tira de una piedra hácia la tierra llamada *la atraccion de la gravitacion*, sostiene á la luna en su órbita al rededor de la tierra. Pero no concluyó ahí su descubrimiento, pues demostró que la tierra y todos los demás planetas se conservaban por la misma razon en sus respectivas órbitas al rededor del sol, y que la misma ley de gravitacion se verifica en la más remota estrella. Todos *los movimientos aparentemente irregulares* de los cuerpos celestes han sido sujetos á ley y orden por Newton, que demostró que en realidad eran regulares todos los movimientos, y que por tanto podian calcularse de antemano. Así puso á la humanidad en disposicion no sólo de admirar la belleza divina y la armonía del universo en que vivimos, sino de servirse de los movimientos de los cuerpos celestes para los propósitos de la vida de todos los dias.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS
DONACIÓN
ALFREDO COLMO

ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCION	9
I. LA TIERRA Y SUS MOVIMIENTOS.	
1. La tierra es redonda	12
2. La tierra es muy grande	15
3. La tierra no está en reposo	18
4. La tierra gira ó tiene un movimiento de rotacion como un trompo	21
5. La tierra hace una rotacion en un día	24
6. La rotacion de la tierra no es su único movi- miento	28
7. La tierra da una vuelta al rededor del sol, una vez cada año	32
8. Los dos movimientos de la tierra no se verifican en el mismo plano	33
9. Razon de ser desiguales los dias y las noches .	36
10. Las estaciones dependen de la diferencia en la du- racion del día y de la noche	44
11. Razon por la cual los movimientos del sol y de las estrellas parecen diferentes en las diversas par- tes de la tierra	45
II. LA LUNA Y SUS MOVIMIENTOS.	
1. La luna se mueve entre las estrellas	51
2. La luna cambia de forma	54

	PÁG.
3. Cómo la luna es causa de eclipses . . .	57
4. Lo que parece la luna	66

III. EL SISTEMA SOLAR.

1. Aspecto que tendrían para nosotros cuerpos semejantes á la tierra, y más inmediatos al sol .	70
2. Cómo nos aparecerían cuerpos semejantes á la tierra, pero que estuviesen más léjos que nosotros del sol	72
3. ¿Existen tales cuerpos?—Los planetas . . .	74
4. Los planetas interiores	78
5. Los planetas exteriores	81
6. Cometas, meteorolitos, y estrellas errantes .	92

IV. EL SOL—LA ESTRELLA MÁS PRÓXIMA.

1. La influencia del sol en el sistema solar . . .	97
2. El calor, la luz, el tamaño y la distancia del sol .	98
3. A qué se parece el sol	100
4. Manchas del sol	101
5. La atmósfera del sol	103
6. De qué está hecho el sol	104
7. El sol es la estrella más próxima	105

V. LAS ESTRELLAS Y LAS NEBULOSAS.

1. Las estrellas son soles distantes	106
2. Brillo de las estrellas	106
3. Las constelaciones	108
4. Movimientos aparentes de las estrellas . . .	111
5. Movimientos reales de las estrellas	114
6. Estrellas múltiples	115
7. Grupos de estrellas y nebulosas	116
8. Naturaleza de las estrellas y de las nebulosas .	119

VI. CÓMO SE DETERMINAN LAS POSICIONES DE LOS CUERPOS CELESTES, Y QUÉ EMPLEO SE HACE DE LAS MISMAS.

	PÁG.
1. Recapitulacion—Mapas de estrellas	121
2. Distancia polar	122
3. No es suficiente la distancia polar	123
4. Ascension recta	125
5. Recapitulacion	128
6. La latitud de los lugares en la tierra	128
7. La longitud de los lugares en la tierra	131

VII. POR QUÉ SON TAN REGULARES LOS MOVIMIENTOS DE LOS CUERPOS CELESTES.

1. Lo que es peso	136
2. La gravedad disminuye con la distancia	139
3. Cómo sirve esto para explicar el movimiento de la luna al rededor de la tierra	140
4. La atraccion de la gravitacion	142

ÍNDICE DE LAS LÁMINAS

	PÁG.
Plancha 1ª. Frontispicio. Un cráter de la luna.	
“ 2ª. El sistema solar. <i>Entre las 74 y 75</i>	
Figura 1. Cómo aparecen y desaparecen los buques en el mar	12
“ 2. Explicacion de la anterior	14
“ 3. Diagrama que demuestra cómo nos explicamos que los barcos aparezcan de la manera que lo hacen, en el supuesto de que la tierra es redonda	14
“ 4. Diagrama que explica por qué razon alcanzamos á ver á mayor distancïa cuando estamos en un punto más elevado	15
“ 5. Diagrama que demuestra que cuanto mayor supongamos á la tierra, tanto más léjos está de nosotros la línea en que nos parece que el cielo se une con la tierra	16
“ 6. Explicacion de la salida y puesta del sol y de las estrellas	20
“ 7. Ampliacion de la explicacion anterior	20
“ 8. Trompo bailando	23
“ 9. Direccion de la rotacion de la tierra	23
“ 10. Experimento para demostrar el movimiento giratorio de la tierra, que es causa del día y de la noche	24
“ 11. Explicacion del movimiento de la tierra al rededor del sol	31

	PÁG.
Figura 12. Plano de la eclíptica	34
" 13. Dos planos que se cortan en ángulos rectos	35
" 14. Dos planos que se cortan oblicuamente	35
" 15. La tierra con el eje de rotacion inclinado hácia el plano de la eclíptica	36
" 16. La tierra, tal como se ve desde el sol en el solsticio de verano (á las 12 del dia 22 de Junio, en Lóndres)	39
" 17. La tierra, tal como se ve desde el sol en el solsticio de invierno (á las 12 del dia 22 de Diciembre, en Lóndres)	40
" 18. La tierra, tal como se ve desde el sol, en el equinoccio de primavera (á las 12 del dia 22 de Marzo, en Lóndres)	41
" 19. La tierra, tal como se ve desde el sol en el equinoccio de otoño (á las 12 del dia 22 de Setiembre, en Lóndres)	42
" 20. Explicacion de las estaciones	44
" 21. La estrella polar y la constelacion de la Osa Mayor en cuatro posiciones diferentes, con intervalos de seis horas, para hacer ver cómo parece que la Osa Mayor se mueve al rede- dor de la estrella polar	46
" 22. El movimiento de la luna al rededor de la tierra	55
" 23. Eclipse total de sol	58
" 24. Eclipse anular de sol	59
" 25. Eclipse de luna	60
" 26. Para demostrar la inclinacion de la órbita de la luna hácia el plano de la eclíptica	63
" 27. Division del círculo en grados	65
" 28. Diagrama que explica los movimientos y aspec- tos de un cuerpo que esté entre nosotros y el sol	70
" 29. Diagrama que explica el movimiento de un cuerpo que se mueve al rededor del sol por fuera de la órbita de la tierra	73
" 30. Vénus, con las manchas de su superficie	79

	PÁG.
Figura 31. Tamaño aparente de Vénus á su menor, media y mayor distancia de la tierra . . .	80
" 32. Marte, cubierto de nieve en el polo, con sus tierras y mares	83
" 33. Marte. Vista de otra parte del planeta . . .	84
" 34. Júpiter, con sus fajas de nubes . . .	86
" 35. Diagrama que explica los eclipses, ocultaciones y tránsitos de los satélites de Jupiter . . .	88
" 36. Saturno y sus anillos	90
" 37. Vista general de un cometa	93
" 38. Cabeza y envoltura de un cometa . . .	95
" 39. Cómo se determina el tamaño del sol . . .	99
" 40. Una mancha del sol	101
" 41. Explicacion de los aspectos que presentan las manchas del sol	103
" 42. Atmósfera en forma de corona del sol . . .	104
" 43. Orbita de una estrella doble	115
" 44. Grupo de estrellas de Hércules	117
" 45. La gran nebulosa de Orion	118
" 46. Cómo definir la posicion de un punto . . .	124
" 47. Cómo se determinan las posiciones de las estrellas	126
" 48. Diagrama que demuestra la caida de la luna hácia la tierra	141

ACABAN DE PUBLICARSE

DIBUJO POR KRÜSI. NUEVO SISTEMA DE DIBUJO, en Tres Series:

SINTÉTICA, cuatro cuadernos con muestras.

Manual del Maestro.

ANALÍTICA, seis cuadernos con muestras.

Manual del Maestro.

PERSPECTIVA, cuatro cuadernos con muestras.

Manual del Maestro.

Importante.—Las instrucciones contenidas en los Manuales del Maestro no pueden ser mas completas, pues abrazan cursos de Dibujo analítico, geométrico y de perspectiva; ni mas claras, pues que, por medio de ellas, aun los profesores que no posean el arte de dibujar, podrán enseñarlo con el mejor éxito.

EVANGELIO PARA LOS NIÑOS (EL), arreglado al Castellano segun el Espiritu de los Evangelistas, por el Doctor D. ANGEL TERRADILLOS, catedrático de la Universidad Central y Abogado del I. C. de Madrid. Obra aprobada por el Consejo de Instrucción Pública de España en la Lista de Obras de Texto.

LA INFANCIA. Por DELAPALME. Libro de Lectura, corregido y aumentado de acuerdo con el Reglamento y Programa de Escuelas de la Provincia de Buenos Aires.

MANUAL DE ENSEÑANZA OBJETIVA. Por N. A. CALKINS.

MAPA MUDO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. (Véndese por separado ó con la coleccion de Mapas Mudos, de Cornell.)

MAPA MUDO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (Clave especial del), para uso del Profesor.

WIEDEMANN. LIBRO PRIMERO DE ARITMÉTICA PARA NIÑOS.

CARTILLAS CIENTÍFICAS.

NOCIONES DE FÍSICA. Por BALFOUR STEWART, F. R. S.

NOCIONES DE GEOLOGÍA. Por A. GEIKIE, F. R. S.

NOCIONES DE ECONOMÍA POLÍTICA. Por W. S. JEVONS.

NOCIONES DE FISIOLOGÍA. Por el Dr. M. FOSTER, F. R. S.

NOCIONES DE ASTRONOMÍA. Por J. NORMAN LOCKYER, F. R. S.

NOCIONES DE QUÍMICA. Por H. E. ROSCOE, F. R. S.

NOCIONES DE GEOGRAFÍA FÍSICA. Por A. GEIKIE, F. R. S.

NOCIONES DE BOTÁNICA. Por el Dr. J. D. HOOKER.

CARTILLAS HISTÓRICAS.

NOCIONES DE HISTORIA DE GRECIA. Por C. A. FYFFE.

EN PRENSA:

NOCIONES DE HISTORIA DE EUROPA. Por E. A. FREEMAN.

NOCIONES DE HISTORIA DE ROMA. Por M. CREIGHTON.

NOCIONES DE ANTIGÜEDADES ROMANAS. Por A. S. WILKINS.

NOCIONES DE ANTIGÜEDADES GRIEGAS. Por J. P. MAHAFFY.

PRINCIPIOS ELEMENTALES DE AGRICULTURA CIENTÍFICA.
Por N. T. LUTON.

D. APPLETON Y CÍA., LIBREROS-EDITORES.

NUEVA YORK.