

llamadas *signos* y cada signo en treinta grados. Cada uno de los signos ha recibido un nombre particular, que son:

	Grados.
0	Aries, 0
1	Tauro, 30
2	Géminis, 60
3	Cáncer, 90
4	Leo, 120
5	Virgo, 150
6	Libra, 180
7	Escorpión, 210
8	Sagitario, 240
9	Capricornio, 270
10	Acuario, 300
11	Pisces, 330

La explicación etimológica de estos diferentes nombres ha sido origen de muchas discusiones y aquí han puesto fin los trabajos del instituto de Egipto, haciendo ver que estos nombres admitidos hoy entre todos los pueblos que se dedican á la astronomía, se han sacado de comparaciones hechas por los egipcios entre los fenómenos celestes y los fenómenos terrestres, los cuales eran, la mayor parte, meramente locales y particulares solo á cierto territorio de su país.

## LECCION III.

## ASPECTO DEL CIELO. MOVIMIENTOS APARENTES DE LOS CUERPOS CELESTES.

Quando levantamos los ojos al cielo, vemos estenderse encima de nuestras cabezas un vasto hemisferio cóncavo, cuyo centro parece que lo ocupamos nosotros y figura al declinarse que se reúne con el horizonte. Durante el día, esta inmensa bóveda está iluminada por un disco brillante que, salido de las regiones del este, le recorre magistrosamente y vuelve á bajar después para aparecer otra vez al oeste. La débil luz que le habia precedido no tarda en apagarse, y entonces aparecen por todos los lados, en la inmensidad del espacio, una multitud de puntos brillantes de una variable magnitud, y cuyo número va creciendo á medida que la oscuridad se hace mas profunda. Los movimientos de estos cuerpos dan nuevo realce á la belleza del

espectáculo. Mientras que unos, moviéndose en la misma direccion que el sol, van á hundirse como él al oeste hácia el horizonte, otros asoman por el oeste, recorren la bóveda de los cielos y desaparecen por la parte en que el sol se ha ocultado á nuestra vista. Sin embargo, no todos van á ocultarse en el horizonte: hay algunos que para nosotros, no alcanzan jamas este círculo, y cuyo curso puede seguirse durante la noche, uno de ellos parece estar constantemente inmóvil. Y por otro lado mientras que unos describen en el cielo un círculo inmenso, otros describen un pequeño arco al horizonte, y aun algunos no hacen mas que salir y desaparecer. Tales son los fenómenos de la salida y ocaso de los astros. A este movimiento general que la esfera estrellada hace en un día y una noche, se ha dado el nombre de movimiento diurno.

En esta revolucion de la esfera, las astros sometidos al movimiento que acabamos de describir, parecen á primera ojeada, que conservan las mismas distancias entre sí. Pero observaciones mas precisas no tardaron en demostrar que si el mayor número de los cuerpos celestes conservan siempre sus situaciones relativas, algunos de entre ellos están dotados de un movimiento particular, que los trasporta sucesivamente de una constelacion á otra. Llámase este movimiento, *movimiento propio de los planetas*.

El sol está dotado, como los planetas, de un movimiento propio, porque le vemos salir y ponerse sucesivamente en varios puntos del horizonte. A fines del mes de junio sale por la parte del norte, permanece largo tiempo en el horizonte, y se acerca mas del zenit, mientras que á fines de diciembre sale mas al mediodia, se aleja del zenit y no describe mas que un pequeño círculo encima del horizonte. A este movimiento debemos la variedad de las estaciones y la desigualdad de los dias.

El movimiento de la luna y el aspecto que presenta en los diferentes periodos de su curso, son mas notables todavía. Al principio empieza á mostrarse en la parte oeste del cielo, á poca distancia del sol, bajo la forma de una hoz á creciente, que se aumenta á medida que la luna se aleja del sol, hasta que por fin se levanta hácia el este en el momento en que el sol se pone al oeste: su faz es entonces exactamente circular. Animase luego gradualmente hácia el este, se sesga y se eleva mas y mas cada noche, hasta que se halla tan cerca del sol al oeste como lo era al este. Muéstrase entonces por la mañana, un poco antes que el sol, así como en la primera parte de su curso se la apercibia en el oeste un poco después de él. Estas diversas facies se efectúan en el es-

pacio de un mes para reproducirse despues en el mismo orden.

Algunas veces, en fin, se observan en el cielo cuerpos luminosos enteramente diferentes de los que nos han ocupado hasta ahora, y que por los diversos cambios que experimentan, han sido siempre un objeto de admiracion y curiosidad para los pueblos. Pequeños y poco brillantes en un principio, adquieren en breve dimensiones considerables y dejan apercibir un rastro luminoso cuya extension y vivacidad son muy variables; estos son los cometas. Dotados de movimientos propios cuya direccion es susceptible de cambiar, mientras mas se acercan al sol mas se desarrolla y se vuelve luminosa su cola; por último su brillo, su magnitud disminuyen con mas ó menos rapidez á nuestra vista.

Al considerar este movimiento de revolucion de la esfera, dos cuestiones se presentan á la mente. ¿Pone cada estrella siempre el mismo tiempo en cumplir su revolucion? ¿Es acaso uniforme su movimiento; esto es, recorre espacios iguales en tiempos iguales?

Para resolver la primera de estas cuestiones, basta dirigir á una estrella cualquiera un anteojo fijado de un modo inmóvil y en una situacion adecuada. Cuéntase el tiempo que pasa hasta la reaparicion de la misma estrella en el anteojo, y fácilmente se asegura el observador que la duracion de la revolucion es absolutamente la misma en cualquier tiempo que sea y sea cual fuere la estrella. El espacio de tiempo que media entre las dos vueltas consecutivas de una estrella en el mismo meridiano forma el *dia sideral*.

La segunda cuestion se resuelve por medio de un aparato que lleva el nombre de máquina *paráctica*. Compónese de un círculo graduado y fijo á un eje central perpendicular á su plano; la prolongacion de este eje se confunde con el diámetro de otro círculo móvil que permanece constantemente perpendicular al primero; este segundo círculo, armado de un anteojo, susceptible de tomar todas las inclinaciones, con respecto al eje central, hace mover girando sobre este eje, una aguja que indica en el primer círculo, los arcos horizontales que ha recorrido. Ahora bien, si se dirige el anteojo á una estrella constantemente visible, será preciso para no perderla de vista, en el círculo que describe, poner el eje de la máquina en la misma direccion que el del cielo ó imprimir al plano móvil un movimiento correspondiente al que ejecuta la estrella. Y si se notan exactamente los intervalos de tiempo que pasan mientras que el plano móvil recorre arcos iguales sobre el plano fijo, se verá que éstos intervalos son iguales entre sí. Así pues, es indiferente, para apreciar la cantidad de apartamiento

de una estrella, tomar por medida el arco que ha recorrido ó el tiempo que ha empleado en recorrerlo, una vez que, entre estos dos datos, hay una razon continúa. Así, cumpliendo la esfera su revolucion en veinticuatro horas, y estando divididos los círculos diurnos, en trescientos sesenta grados, las estrellas describen arcos de quince grados por hora. Pero hay que advertir que estos diversos círculos no siendo todos iguales, no coinciden sus divisiones, y que para comparar sus resultados, es preciso determinar su valor relativo.

Preocupacion popular es creer que se puede ver, por el dia, las estrellas en el fondo de un pozo. Durante el dia, no es posible verlas sino mediante el empleo del telescopio, ó bien subiendo en un globo aerostático, ó en la cumbre de una alta montaña. Las causas que impiden que sean visibies á la simple vista es porque los rayos del sol reflejados por la atmósfera, forman una cadena luminosa que impide verlas, por ser su luz comparativamente mas dévil. Basta en efecto que una luz sea sesenta veces mas dévil que otra para que no sea perceptible para nuestro ojo en presencia de la primera. Puede verificarse este hecho por una experiencia muy sencilla: colóquense entre dos bugías encendidas un cuerpo que produzca dos sombras; aléjese despues una de las bugías á una distancia tal que la luz que despide sobre el cuerpo intermedio, no sea mas que la sesentésima parte de la que despedia al principio, cosa fácil cuando se sabe que la intensidad de la luz está en razon inversa del cuadrado de las distancias. La sombra producida por la luz así alejada ya no será visible, pero si hay movimiento se hará perceptible. Esta es la principal razon que hace que con los instrumentos de óptica se vean en el medio del dia: porque estos instrumentos aumentando prodigiosamente las distancias, aceleran tanto mas los movimientos.

Ademas del movimiento propio que nos ha hecho distinguir en un principio á los planetas y los cometas de las estrellas fijas, se nos presenta otra diferencia, y es el centelleo, fenómeno exclusivamente propio de las estrellas fijas y que es un cambio de intensidad acompañado de un cambio de color de estos astros. Para comprenderlo es menester referirse á un descubrimiento recientemente hecho en las propiedades de la luz. Si se hacen concurrir en un mismo punto dos rayos luminosos partiendo del mismo origen, no siempre se unirán para dar mayor cantidad de luz; pero podrá suceder si se les hace recorrer diferentes distancias ó atravesar por medio de diversas densidades, que en ciertas condiciones, estos dos rayos en vez de aumentarse se destruyan, de modo que por extraño que parezca este, el resultado será la

oscuridad, apesar de añadirse luz á la luz. Este es el fenómeno de las *interferencias luminosas*, y por él se explica el centelleo. Las diferentes partes de la atmósfera, estando en una continua variación de densidad, realizan las condiciones del fenómeno de las interferencias é interceptan así algunos de los rayos que componen la luz blanca de las estrellas, para no dejar llegar á nuestra vista mas que los demas rayos, que no producen entónces mas que una imagen de la estrella débil y color diferente.

Si los planetas no centellean, es porque tienen una cierta extensión.

El aspecto del cielo varia con la posición del observador. Supongamos que ocupa precisamente uno de los polos de la tierra, por ejemplo, el polo boreal; en esta posición su zenit será el polo celeste boreal, y su horizonte racional se confundirá con el ecuador. Todos los astros cuya declinacion es boreal; es decir, todos los que están comprendidos entre el ecuador y el polo boreal, parecerán recorrer círculos paralelos al horizonte; y todos aquellos cuya declinacion es austral permanecerán constantemente invisibles. El paralelismo de todos estos movimientos con respecto al horizonte, ha hecho dar á esta posición, así como hemos dicho ya, el nombre de *esfera paralela*.

Supongamos que el observador se trasporta al ecuador: su horizonte racional pasará por los polos, y en esta posición aperibirá las estrellas durante todo el tiempo que emplean en describir la mitad de sus círculos diurnos, y los planos de todos estos círculos serán perpendiculares al horizonte. Tal es la posición de la *esfera recta*.

Si el observador se dirige despues desde el ecuador hácia uno de los polos, el polo norte por ejemplo, este polo parecerá elevarse gradualmente sobre el horizonte, y el polo sud se hundirá hácia abajo en la misma proporción. Separado un observador por ejemplo 30 grados del ecuador hácia el polo ártico su zenit será CF, el gran HOR será su horizonte; el plano del ecuador EOZ estará lejano del zenit F de 30 grados, y por consiguiente distante 60 grados del ecuador. El polo P será elevado de 30 grados medidos por el ángulo HCP y el polo P se bajará de la misma cantidad debajo de este plano. Siguese de esta construcción que la distancia del zenit al ecuador, ó sea la *latitud*, es siempre igual á la altura del polo en el horizonte. En esta situación los círculos descritos por las estrellas se hallan inclinados sobre el horizonte, y esto es lo que ha hecho dar á esta posición el nombre de *esfera oblicua*.

Siguiendo en su curso á los astros de la esfera, les hemos vis-

to elevarse á todos sucesivamente sobre el horizonte y descender despues debajo de él. ¿Cuál será el punto en que el astro cesará de subir? ¿Como le determinamos?

Muchos métodos conducen á este resultado; el siguiente, fundado en las alturas correspondientes del sol, es acaso el mas simple.

Sobre una superficie exactamente horizontal se coloca una regla vertical, al pie de la cual se describen, como centro, muchas circunferencias. Márquense sobre cada una de ellas los puntos correspondientes á las estremidades de las sombras proyectadas por el sol á diversas alturas, antes y despues de medio-día: despues se divide el arco comprendido entre ambos puntos que la sombra ha trazado sobre cada circunferencia, y de este modo se obtiene una línea que pasando por el pié del de la regla, determina el plano en que se halla el sol cuando está en lo mas elevado de su carrera. Llámase este instrumento *gnomon*, y el plano que con su auxilio se determina en el *meridiano*. Este paso como sabemos, por el zenit del lugar, y por los polos, y corta el horizonte segun una recta que toma el nombre de *meridiano*.

Trazada así la línea meridiana, hay que hacer uso del instrumento de los *pasos* ó sea anteojo meridiano, que describiremos con tanto mas placer, cuanto que con frecuencia echan mano de él los astrónomos.

Este instrumento se compone, como los anteojos astronómicos, de un tubo cilíndrico con sus dos vidrios objetivo y ocular. En el foco del objetivo hoy puesto un diafragma horadado en su mitad, á fin de que no pasen mas que los rayos próximos al eje y á hacer así mas clara la vision. En este mismo sitio están colocados sobre una chapa metálica movable varios hilos sumamente delgados que dividen el campo del anteojo en cuatro partes iguales. Estos hilos suelen ser generalmente en el micrómetro en número de cinco verticales y paralelos, habiendo además otro horizontal. Este instrumento fijado con seguridad sobre una especie de muñones, está de tal modo construido que solo puede moverse en un plano vertical.

Esto supuesto se coloca el instrumento de manera que el eje horizontal del anteojo forme ángulos rectos con la línea meridiana, y este, por consiguiente, coincida con el plano del meridiano. En esta disposición se espera que la estrella llegue á cruzar el hilo del medio, y viendo entónces la hora que señala un cronómetro bien arreglado, se sabe aquella en que estaba en su mayor altura, ó sea su paso por el meridiano. Otro método se conoce llamado de las *alturas correspondientes*, por el que no se necesita trazar de antemano la línea meridiana.

A consecuencia del movimiento diurno aparente, los astros describen al parecer círculos paralelos al ecuador, cuyas dos partes á derecha é izquierda del meridiano son semejantes; así pues, una hora antes y una hora despues del paso de este último tienen la misma altura sobre el horizonte, por la uniformidad de su movimiento. Observando, pues, por medio de un reloj el momento en que el astro tenia una altura cualquiera antes de su paso por el meridiano y luego aquel en que viene á tener la misma altura al bajar al poniente, la mitad de la diferencia entre los tiempos de la observacion señalará la hora fija de su paso. Despues se puede señalar la línea meridiana, y basta para ello dividir en dos partes iguales el ángulo que forman las líneas de tierra que exactamente correspondian debajo del anteojo vertical con que se observan las alturas.

Hay así mismo varios métodos para fijar la posición de los astros, usándose dos sobre todo con particular preferencia.

Consiste el primero en medir los ángulos formados por los planos verticales que pasan por cada astro con un meridiano á que se refieren las distancias de dichos astros. Empiézase por fijar la altura del astro que se observa sobre el plano vertical en que está colocado por medio del *cuadrante del círculo mural*. Este es un sector provisto de un anteojo movedizo, en cuyo foco hay un micrómetro compuesto solo de dos hilos movibles, uno vertical y otro horizontal. El radio del círculo debe estar dispuesto muy verticalmente en el plano del meridiano, y debe corresponder á la cifra *cero* de las divisiones de grados trazadas sobre el cuadrante descrito por el radio. El hilo vertical del micrómetro sirve para dirigir el eje óptico en el plano del radio; condicion indispensable para que los arcos medidos por el limbo sean iguales á los que describe el eje óptico. En el momento en que el eje entra en el plano del anteojo, se le hace seguir exactamente la direccion del hilo horizontal, y luego que su centro toca al hilo vertical, se encuentra exactamente en el plano del meridiano. Léese en seguida sobre el limbo el arco que mide el ángulo formado por el rayo vertical y el rayo visual; este ángulo es la distancia al zenit, complemento de la altura meridiana.

Propongámonos ahora determinar el ángulo comprendido entre el meridiano y el plano vertical en que se encuentra el astro que se observa; este ángulo se llama *azimut del astro*, y es oriental ú occidental. Su medicion puede obtenerse apuntando con exactitud la hora de su paso por el meridiano y por el plano vertical en que se le observa; el tiempo trascurrido entre ambos pa-

sos da entónces el valor de aquel, teniendo presente que cada hora de tiempo equivale á quince grados. Este método se usa con bastante frecuencia por su mucha sencillez.

La distancia del zenit y azimut de un astro, que son los elementos necesarios para fijar su posición, pueden encontrarse tambien por medio de un instrumento que se llama *círculo entero*, compuesto de dos círculos graduados, uno de los cuales es horizontal y tiene trazada la meridiana, y el otro provisto de un anteojo de micrómetro es perpendicular al precedente y puede moverse en derredor de la vertical que por su centro le atraviesa. En el momento en que se quiere observar el astro, se le coloca en el centro de los hilos, teniendo antes cuidado de poner en su plano vertical el círculo de que hablamos últimamente. Entónces está indicando la altura del astro sobre el horizonte y su distancia al zenit, que es su complemento, al paso que el círculo horizontal ó azimutal señala el azimut en el momento de la observacion.

Las distancias al zenit y los azimuts forman, según se ve, un sistema de ángulos con cuyo auxilio es fácil determinar la posición de los astros de un modo rigoroso. Pero este método ofrece un inconveniente, por cuya razon ha sido casi enteramente desechado: este consiste en que variando los zenits y azimuts cada vez que cambia de horizonte y de meridiano el observador, no se tiene así ningun punto fijo á que se puedan referir todas las observaciones, y las diferentes posiciones no presentan puntos de comparacion. Por esto, se ha dado la preferencia al siguiente método llamado de las *ascenciones rectas* y de las *declinaciones*.

Para esto basta conocer el círculo horario del astro y su posición sobre el círculo.

La posición del astro sobre el círculo horario se determina por medio del instrumento que nos ha servido para medir las alturas meridianas. Dedúcese de ellas la distancia al polo y de ésta al ecuador, que es el complemento y que se llama su *declinacion*; lo que hace se llame algunas veces á los círculos horarios *círculo de declinacion*.

La declinacion se cuenta desde cero hasta un ángulo recto; llámasele boreal ó austral, según que el astro está al norte ó al sud del ecuador.

En cuanto á la posición del plano horario, se determina por el ángulo que forma con un plano horario designado. Si el ángulo formado por el encuentro de estos planos está medido por un arco del ecuador, este arco es el que se llama *ascension recta*. Se le determina observando el tiempo que media entre el paso del as-

tro al meridiano y el del plano horario, que se ha escogido para punto de partida. Los astrónomos designan con el signo  $r$ , el punto al partir del cual se cuentan las ascensiones rectas; este punto es aquel en que el sol corta al ecuador cuando sube del trópico austral hácia el norte.

La ascension recta es pues el ángulo que forma el plano horario de una estrella con el meridiano, en el instante en que el punto fijo de Aries  $r$ , punto en que el sol nos parece estar en la primavera, se encuentra en el plano del meridiano. La ascension recta se cuenta siempre de occidente á oriente, y desde cero hasta la circunferencia entera. Este sistema de líneas por medio del cual se determina la posición de los astros, ofrece, como es fácil de ver, mucha analogía con el precedente; pero difiere esencialmente en que siendo tomadas las posiciones de los astros, con referencia á los círculos de la esfera celeste invariablemente fijos, porque, en efecto lo son el ecuador celeste y el meridiano, todos los observadores situados en la superficie de la tierra, pueden referir á ellos en sus observaciones y comparar entre sí los resultados que han obtenido. Conocida la declinacion y la ascension recta se encuentran todas las relaciones de situacion y de distancia sobre la esfera celeste.

Lo que acabamos de decir dará á comprender como se puede obtener un catálogo de estrellas, por medio del antejo meridional ó de cualquier otro instrumento conveniente. Determinase el instante del paso de una estrella cualquiera que se conoce en el plano del meridiano; nótese exactamente la hora, el segundo, el minuto de su paso partiendo de 0 h. del péndulo. Practícase lo mismo con respecto á las demas estrellas, á medida que llegan al plano del meridiano. Así se conoce la diferencia de sus ascensiones rectas y la altura de cada una de ellas. Adquiridos estos datos, es fácil indicar la posición que deben conservar entre sí, y se poseerá así un mapa celeste sobre el cual podran trazarse todos los diversos grupos de estrellas que forman las constelaciones. Los primeros mapas celestes son muy antiguos. El primero que los construyó fué Hiparco; y como las distancias relativas de las estrellas no han ofrecido cambios sensibles desde las primeras observaciones, pueden emplearse siempre estos mapas para conocer cielo.

El punto que sirve de origen para las ascensiones rectas sirve tambien para el tiempo sideral; es decir que se cuenta 0 h 0' 0" siderales en el momento del paso al meridiano.

Sácase de aquí que nada es mas fácil que saber la hora del tiempo sideral conociéndose ya la altura del polo en el parage en que se

observa. Basta observar la distancia zenital de una estrella conocida y de calcular su ángulo horario contado por ejemplo desde el meridiano superior, y en el sentido del movimiento diurno de 0 á 360°, añadiendo este ángulo á la ascension recta de la estrella, y desechando las circunferencias enteras si las hay. El resto, convertido en tiempo, expresará la distancia del meridiano al punto del cielo, que se ha tomado por origen, esto es, la hora sideral (Biot, *Astron Phys*)

## LECCION IV.

## DE LAS ESTRELLAS FIJAS.

Ya hemos dicho que bajo esta denominacion se comprenden todos los cuerpos de la esfera, que parecen conservar siempre sus posiciones relativas, y decimos que parecen, porque las observaciones modernas y especialmente las de Herschell, acreditan cambios que tienen lugar en sus relaciones reciprocas, de cuyas observaciones resulta que las estrellas fijas, se hallan tambien sometidas á movimientos, si bien estos muy lentos y casi imperceptibles. Su número, á primera vista, parece inmenso pues se hallan apartadas, confusas, y no pueden contenerse todas en el campo del ojo. Pero es fácil convenserse que el número de las que se pueden ver con la simple vista, es muy limitado y no excede algunos miles. Basta tomar una porcion de cielo y contar las que contiene: no se pueden ver á la vez mas que unas 500; pero con el auxilio de los antejos y telescopios, su número se multiplica de un modo indefinido.

Su distribucion en el cielo por grupos ó montones, ha dado la idea de dividir las en constelaciones. Hemos visto ya que en estos sistemas se distinguen entre sí las estrellas por medio de letras y cifras. La voz constelacion quiere decir propiamente reunion de estrellas, y alguna que otra vez suele llamarse tambien *asterismo*. Sin duda que desde el principio de la astronomia, hubo de parecer necesario distribuir en grupos y montones el gran número de estrellas que pueblan los cielos, á fin de poderlas encontrar fácilmente y seguir sus movimientos con mayor atencion, estudiándolas individualmente y á cada una de por sí. De esta manera se hacia con el cielo lo mismo que con la tierra, es decir, que se abrian caminos ciertos é invariables al través de las estrellas para viajar con la vista; se las dividia tambien en especie de naciones y de provincias y hasta se les ponian nombres, por último, como acá abajo; pero la arbitrariedad con que se han im-