

Cielo estelar

1. Constelaciones: regiones del cielo estelar

En una noche oscura, sin luna ni nubes, se ven en el cielo multitud de astros. Según parece, es difícil orientarse en ese majestuoso cuadro de la esfera celeste, que sirvió de inspiración al gran sabio ruso M. V. Lomonósov (1711—1765) al escribir las siguientes líneas:

«Se descolló la sima llena de astros
Cuyo número es infinito y la sima no tiene fondo».

Aún más difícil se presenta el problema de calcular todos los astros visibles en el cielo. Pero el problema difícil a primera vista se hace resoluble si se aplican métodos correctos de solución. Éstos no se formaron de una vez sino en el transcurso de decenios y siglos, y los primeros de ellos tienen sus orígenes en la profunda antigüedad. Precisamente en los albores de la humanidad, cuando apareció por primera vez la producción primitiva, ya las tribus nómadas tenían la necesidad de orientarse durante las migraciones de un territorio a otro para poder encontrar el camino hacia sus estacionamientos anteriores. En una etapa superior del desarrollo de la sociedad humana, al surgir la agricultura se presentó la necesidad de llevar la cuenta, aunque sea en forma aproximada, del tiempo a fin de regular los trabajos agrícolas.

¿Qué salida de la situación creada veían los pueblos antiguos que ni siquiera disponían de los más elementales rudimentos de las ciencias actuales? Lo único que tenían ante sí, mejor dicho encima, era el firmamento, por el cual empezaron a aprender a orientarse poco a poco en el lugar y a contar el tiempo. La necesidad práctica de estudiar el cielo estelar provocó el nacimiento de la ciencia que posteriormente en la Grecia Antigua fue denominada

astronomía, término formado de dos palabras griegas: astron, que quiere decir estrella, y nomos, ley.

Pero la propia denominación no sirve en absoluto de prueba de que esa ciencia haya surgido y se haya desarrollado sólo en la Grecia Antigua. La astronomía surgió y se desarrollaba de manera independiente prácticamente en todos los pueblos, pero es lógico que el nivel de su desarrollo se hallara en dependencia directa del de las fuerzas productivas y de la cultura de los pueblos.

Si alguien de los lectores ha realizado un viaje ameno de Moscú a Yaroslavl por la autopista de Yaroslavl no pudo dejar de fijarse en un número relativamente pequeño de curvas a lo largo de todo el camino. La carretera es casi rectilínea, y sus recodos se deben a la necesidad de evitar barrancos, lugares pantanosos o colinas demasiado altas. Y sin embargo, la autopista de Yaroslavl fue construida en su mayor parte siguiendo el trayecto del antiguo camino transitable que desde antaño comunicaba a Moscú con Yaroslavl.

Las dos ciudades son casi coetáneas. Por primera vez Moscú se menciona en las crónicas en 1147, aunque, a juzgar por las recientes excavaciones arqueológicas en el Kremlin, como aldea existía ya en la segunda mitad del siglo X. Yaroslavl fue fundada en 1010. En la misma época apareció la carretera entre las dos ciudades. ¿Cómo se logró tender en aquellos tiempos el camino más corto y asombrosamente recto entre dos ciudades alejadas una de otra? Pues del mismo modo que fue trazado el camino no menos recto de Moscú a Vladímir: orientándose por las estrellas, ya que en aquellos tiempos no existían otros métodos de orientación.

Pero ¿cómo es posible orientarse por las estrellas si en el cielo se ven en gran cantidad? Puede parecer que era fácil perderse en esa abundancia de astros. Precisamente para evitarlo era necesario ante todo agrupar las estrellas brillantes (que en el cielo no son tantas) en figuras con contornos fáciles de recordar. Tales figuras estelares (conjuntos de estrellas o constelaciones) fueron separadas y posteriormente también se agregaron a ellas estrellas débiles, situadas en las zonas de las constelaciones. Es natural que la imaginación de los diversos pueblos creara diferentes constelaciones y si los contornos de éstas coincidían por casualidad, tenían distintas denominaciones. Por lo

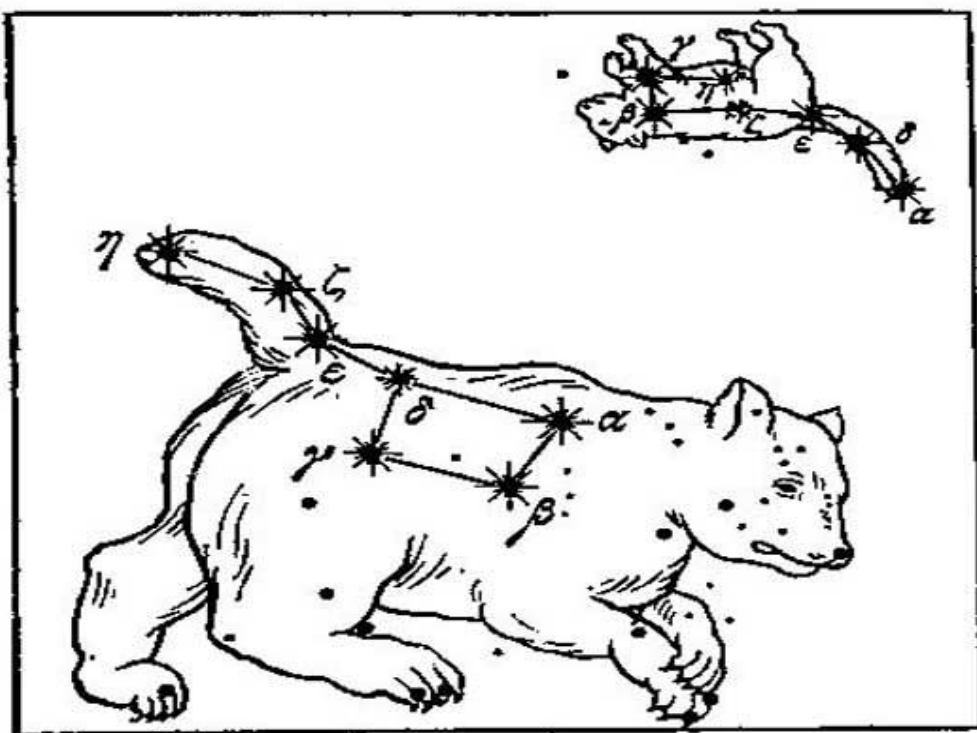


Fig. 1. Constelaciones de la Osa Mayor y la Osa Menor

general, de fuentes para denominar las constelaciones servían los mitos sobre los dioses, las leyendas sobre los héroes legendarios y sucesos relacionados con éstos, los distintos animales y, finalmente, los instrumentos de producción utilizados por los pueblos en la vida cotidiana.

Así, al conocido grupo de siete estrellas brillantes, cuya forma se parece a un cazo, los griegos antiguos le dieron el nombre de Osa Mayor. Si a dicho grupo se le añaden las estrellas débiles situadas cerca del cazo, se puede con suficiente fantasía trazar los límites de esa constelación, de modo que recuerden las formas de un gran animal (fig. 1).

Un mito griego cuenta que la ninfa Calisto fue transformada por Hera, esposa celosa de Zeus, en osa, la cual durante una cacería fue muerta por los perros azuzados por su hijo Arcade (Boyero). Zeus la inmortalizó colocándola en el cielo, donde formó la constelación de la Osa Mayor. Cerca de ésta se disponen también sus perseguidores: el Boyero y los Perros de Caza (Lebreles) (fig. 2), pero esta última constelación apareció en el cielo tan sólo en el siglo XVII, cuando el mito griego había sido completado por los acompañantes del cazador. En la Grecia Antigua



Fig. 2. Constelaciones de la Osa Mayor, el Boyero y los Lebreles

la constelación de la Osa Mayor se designaba también con el nombre de Carro, lo cual menciona Homero en la *Odisea*.

En la Rusia Antigua la misma constelación tenía nombres distintos: Carro, Carroza, Cacerola, Cazuela; los pueblos que habitaban el territorio de Ucrania la llamaban Telega (carro de cuatro ruedas); en el Trasvolga, Cazuela Mayor, y en Siberia, Alce. Hasta ahora en ciertas regiones de la URSS se han conservado dichas denominaciones.

Por analogía, los griegos antiguos dieron el nombre de constelación de la Osa Menor a otro conjunto de 7 estrellas, pero más débiles, situadas cerca de la Osa Mayor y que también tiene configuración parecida a un cazo. Los siberianos llamaron Cazo Menor al mismo conjunto de estrellas, mientras que los pueblos que habitaban la costa del Océano Glacial veían en él un oso blanco con la cabeza levantada y ostentando en su nariz la Estrella Polar emplazada en el propio extremo del mango del cazo (fig. 3).

Un nombre bastante original dieron a estas dos constelaciones los pueblos que vivían en el actual Kazajstán.

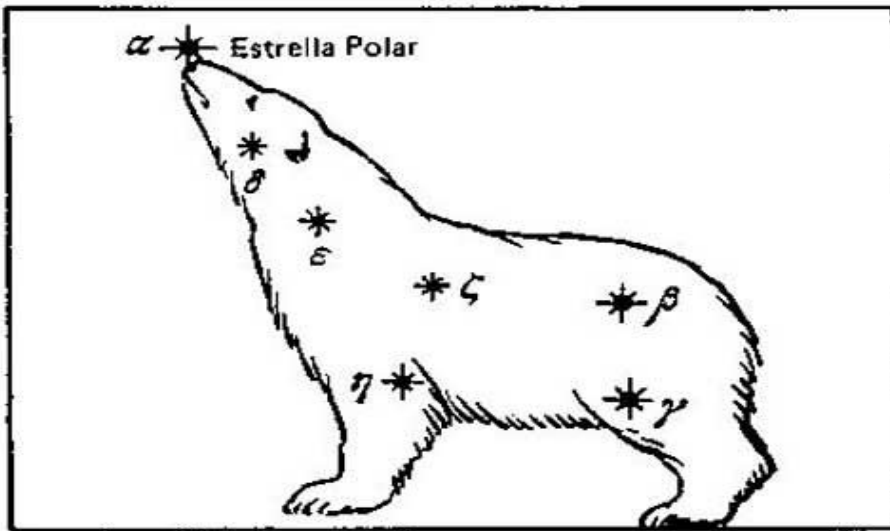


Fig. 3. Constelación de la Osa Menor en forma de oso blanco

Observando el cielo estelar, ellos, al igual que otros pueblos, notaron la inmovilidad de la Estrella Polar, que a cualquier hora del día ocupa invariablemente una misma posición sobre el horizonte. Es natural que estos pueblos, cuya fuente de existencia eran las caballadas,

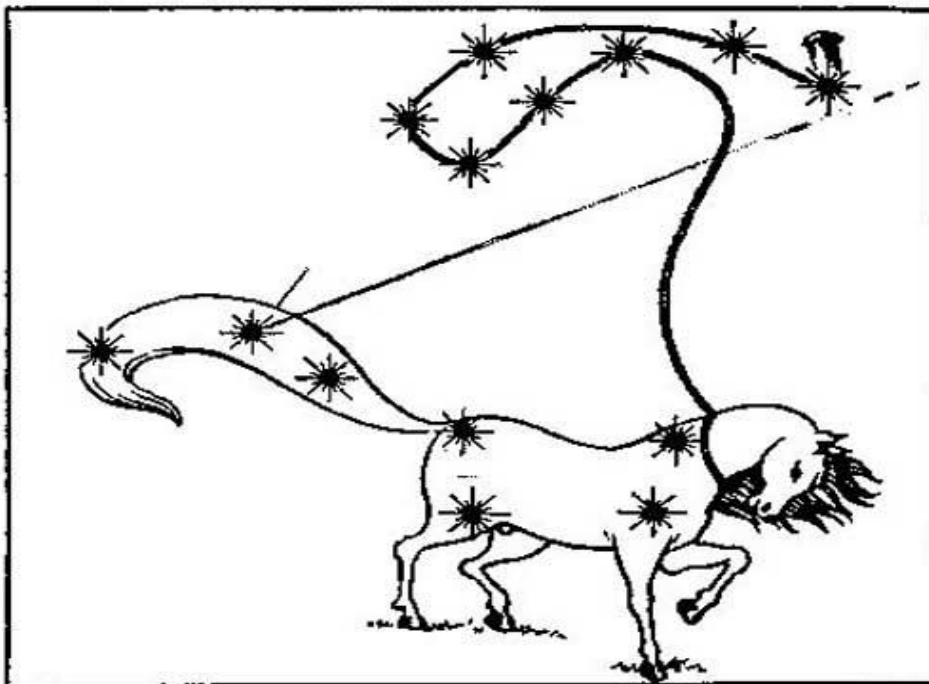


Fig. 4. Constelaciones de la Osa Mayor y la Osa Menor unidas en la constelación del Caballo



Fig. 5. Constelación de Casiopea según los antiguos griegos

llamaran a la Estrella Polar «clavo de hierro» (Temir-Kazik) metido en el cielo, y en las demás estrellas de la Osa Menor veían un lazo atado a dicho «clavo» y puesto en el cuello del Caballo (constelación de la Osa Mayor). En el transcurso del día el Caballo recorría su camino alrededor del «clavo» (fig. 4). De este modo, los kazajos antiguos unían la constelación de la Osa Mayor y la de la Menor en un todo.

Si unimos imaginariamente la estrella central de la cola de la Osa Mayor, mediante una línea recta, con la Estrella Polar y prolongamos esta línea, veremos la constelación de Casiopea cuya configuración se parece a la letra M dada vuelta y un poco estirada (mejor aún a la letra W latina). Los griegos dieron el nombre a dicha constelación en honor a la reina mítica Casiopea viendo en su forma a la reina sentada en un trono (fig. 5). El



Fig. 6. Constelación de Casiopea según los bielorrusos

pueblo bielorruso veía en esta constelación a dos labradores segando hierba (fig. 6).

Las estrellas relativamente brillantes, situadas cerca de la constelación de Casiopea fueron agrupadas por los antiguos griegos en cuatro constelaciones con los nombres de Cefeo, Andrómeda, Perseo y Pegaso. El contorno de la constelación de Cefeo que limita con la de Casiopea por el oeste, se asemeja a un sillón con el respaldo alto, o a un trono. Al este limita con Casiopea la constelación de Perseo, cuya figura recuerda un compás o también a un hombre corriendo. Bajo la constelación de Casiopea, junto a la de Perseo, están dispuestas en forma de cadena estirada cuatro estrellas brillantes de la constelación de Andrómeda, una de las cuales (la primera a la derecha) también integra simultáneamente la constelación vecina de Pegaso, cuyas estrellas brillantes forman una figura parecida a un cuadrado, por lo cual la llaman con frecuencia Cuadrado de Pegaso.

Todas esas cinco constelaciones están unidas en un curioso mito de la Grecia Antigua. El rey etíope Cefeo y su esposa Casiopea tenían una hija, la bella Andrómeda.

Orgullosa de la belleza de su hija, Casiopea anunció que Andrómeda era más hermosa que cualquiera de las nereidas, bellas jóvenes residentes en las profundidades del mar, hijas numerosas de Nereo, el rey del Mar Egeo. Las nereidas ofendidas se quejaron al principal rey del mar Poseidón, quien se enfureció y mandó a un monstruo que devoraba a las personas a las costas de Etiopía. Un oráculo etíope predijo que el país podría liberarse del monstruo si se sacrificaba a Andrómeda. Así tuvieron que hacer. Andrómeda fue encadenada a una roca del litoral; sus brazos abiertos hacia ambos lados y encadenados están representados por una cadena de estrellas brillantes. Al mismo tiempo Perseo, un joven héroe, cumpliendo la orden de su soberano Polidectes, rey de la isla de Cerifos en el Mar de Creta, penetró en la guarida de la Medusa monóculo, mujer monstruo, que en lugar de cabellos tenía serpientes y transformaba en piedra a todo lo que miraba. Perseo sorprendió a Medusa durmiendo, pero por sí acaso se le acercó de espaldas, mirando el reflejo de la misma en su escudo pulido. Cuando Medusa fue decapitada por Perseo, de su torso nació el caballo alado Pegaso. Perseo tomó la cabeza de Medusa y voló en sus sandalias aladas regresando a la isla de Cerifos. Según otra versión, Perseo regresó volando en Pegaso. Pero por el camino a su tierra vio a Andrómeda atada a una roca y a un monstruo a punto de devorarla. Perseo dirigió la mirada de la Medusa hacia el monstruo, el cual quedó petrificado. Perseo soltó a Pegaso que cayó al mar. Andrómeda liberada se casó con Perseo y abandonó con él Etiopía. Según una de las leyendas el monstruo eliminado por Perseo se llamaba Ballena, por lo que seguramente una de las constelaciones situada mucho más abajo de Andrómeda y Pegaso, debajo de la constelación de los Peces, recibió el nombre de Ballena.

Por las noches de invierno en la parte sur del horizonte resplandece la constelación más impresionante del cielo: la de Orión, que salta a la vista por sus siete estrellas brillantes, 4 de las cuales tienen una posición semejante a una X gigantesca, y las tres restantes que forman una fila estirada y cruzan dicha letra por el centro. A la derecha de las estrellas brillantes superiores y a la izquierda y más arriba se perciben dos arcos formados por estrellas débiles dirigidas con su concavidad hacia las



Fig. 7. Constelaciones de Orión y del Toro representadas por los antiguos griegos

estrellas brillantes. Los antiguos griegos le dieron a esa constelación (fig. 7) el nombre del gigante mítico, el cazador Orión, y lo representaban cubriéndose con un escudo de cuero de león (el arco derecho de estrellas débiles) y levantando una maza (el arco superior izquierdo de estrellas débiles) contra el Toro (Tauro) que lo ataca por la derecha. Tres estrellas brillantes centrales simbolizaban el cinturón del cazador, del cual pendía la espada, o sea, una serie de estrellas débiles situadas bajo el cinturón. La astronomía actual también utiliza con frecuencia los términos de espada y cinturón de Orión.

En el siglo III antes de nuestra era, los astrónomos griegos (alejandrinos) agruparon los nombres de las constelaciones en un sistema único, que posteriormente fue imitado por la ciencia europea conservándolo hasta nuestros días, en particular los nombres de las constelaciones del hemisferio boreal del cielo. Pero las constelaciones del hemisferio austral llevan nombres más modernos (Telescopio, Máquina Neumática, Reloj, etc.), ya que los europeos empezaron a estudiar realmente dicho hemisferio tan sólo en los siglos XVIII y XIX.

En la actualidad, por constelaciones no se entienden los conjuntos de estrellas sobresalientes, sino zonas del cielo estelar, de modo que todas las estrellas (tanto brillantes como débiles) están incluidas en las constelaciones. Los límites y los nombres existentes de las constelaciones fueron adoptados en 1922 en el I Congreso de la Unión Astronómica Internacional (UAI). Todo el cielo está dividido en 88 constelaciones, entre las cuales 31 se hallan en el hemisferio celeste boreal y 48, en el austral. Las 9 constelaciones restantes (Peces, Ballena, Orión, Unicornio, Sextante, Virgen, Serpiente, Serpentario y Águila) están situadas en ambos hemisferios celestes, a ambos lados del imaginario círculo máximo en el cielo, llamado ecuador celeste, lo que en latín significa «nivelador», ya que divide la bóveda celeste en dos hemisferios iguales.

Más adelante explicaremos cómo se puede determinar la posición aproximada del ecuador celeste, y ahora subrayemos que desde el territorio de la Unión Soviética son visibles todas las constelaciones del hemisferio boreal y algunas del austral, según sea la latitud geográfica del punto de observación: cuanto más al sur esté tanto más accesibles serán para la observación las constelaciones del hemisferio austral. Así, en Leningrado se percibe sólo una parte de las estrellas de la constelación del Escorpión, y además muy cerca del horizonte, en tanto que la del Centauro no se ve en absoluto. Pero en Armenia, Georgia y Uzbekistán se ven ya muchas estrellas de la constelación del Centauro y por completo la del Escorpión.

No todas las constelaciones pueden ser localizadas en el cielo con facilidad, ya que muchas de ellas están formadas de estrellas débiles y sólo alrededor de 30 constelaciones se destacan marcadamente por sus contornos y estrellas brillantes. Son estas últimas las constelaciones de la Osa Mayor, Pegaso, Casiopea, Cochero, León y otras. Las áreas ocupadas por las constelaciones en el cielo y el número de estrellas en ellas son muy desiguales. A propósito sea dicho, las distancias entre las posiciones visibles de las estrellas se miden en grados, minutos y segundos del arco, mientras que las áreas ocupadas por las constelaciones en el cielo, en grados cuadrados. Entre las constelaciones brillantes la mayor área (1 280 grados cuadrados) es la de la Osa Mayor que, además de las siete

estrellas brillantes del cazo, cuenta con otras 118 estrellas visibles a simple vista. La preciosa y brillante constelación de la Cruz del Sur, la menor de todas, que está situada en el hemisferio celeste austral y es invisible desde el territorio de la URSS, tiene un área de 68 grados cuadrados y consta de cinco estrellas brillantes y 25 débiles. Por lo general, es poco conocida la constelación más pequeña del hemisferio boreal, ya que la integran tan sólo 10 estrellas débiles visibles a simple vista; ella se llama Caballo Menor, tiene un área de 72 grados cuadrados y raya con el sudoeste de la constelación de Pegaso.

El mayor número de estrellas brillantes, a saber, 12, lo contiene la constelación del Escorpión, pero la más hermosa de todo el cielo es seguramente la mencionada constelación de Orión, formada por 120 estrellas visibles a simple vista, 7 de las cuales se destacan por su brillo.

Las principales estrellas de cada constelación tiene unas u otras designaciones. En la antigüedad a las estrellas más brillantes de cada constelación se les daban nombres propios, muchos de los cuales, principalmente los griegos y árabes, llegaron hasta nuestros días. Así, siete estrellas brillantes del cazo de la Osa Mayor recibieron los siguientes nombres: Dubhé, MéraK, Phegda, Megrez, Alioth, Mizar y Benetnash. La estrella más brillante de la constelación del Boyero al principio se llamaba Arcade (rey de Arcadia), en griego, Pastor, posteriormente y hasta ahora, Arturo, es decir, Cazador de la osa (del griego «arctos», osa, y «tereptes», cazador). En la constelación de Perseo la estrella más brillante, cuya luminosidad variable fue advertida por los árabes hace casi 1000 años, fue designada con el nombre de El-Gul (actualmente, Algol), lo que significaba Demonio, que a juicio de los árabes se destacaba por la hipocresía y falsedad. Los antiguos griegos, por lo visto, sabían también de la variabilidad del brillo de dicha estrella y le atribuían efectos siniestros. No en vano en sus leyendas esa estrella se consideraba el único ojo de la rabiosa Medusa, capaz de petrificar a todo ser viviente. Capella o, traducido del latín, Cabra, fue llamada la estrella de 1ª magnitud de la constelación del Cochero, representada en los naipes antiguos en forma de hombre-cochero con un látigo y dos cabritos en el brazo izquierdo y una cabra en el hombro.

Con el aumento del número de estrellas a estudiar se

hacía cada vez más difícil recordar sus nombres, en virtud de lo cual a partir de 1603 empezaron a designarse con las letras del alfabeto griego las estrellas relativamente brillantes, y como regla, en orden de disminución de la magnitud de las mismas, aunque esta regla tiene muchas excepciones. A título de ejemplo mencionemos la Osa Mayor, cuyas estrellas no se designan con letras griegas en orden de disminución del brillo, sino según el contorno del cazo (véase la fig. 1). Como resultado tenemos que Alioth, la estrella más brillante de la constelación, no se designa con la primera letra (α) del alfabeto griego sino con la quinta (ϵ) (véase la tabla 1 en la pág. 174).

En la constelación de los Gemelos la estrella α (Castor) es más débil que la α (Pólux), en la de Orión la estrella Betelgeuse (α) es más débil que la Rigel (β), en la de Pegaso la estrella más brillante se designa con la letra ϵ , en tanto que la estrella α (Markab) es tan sólo de 3ª magnitud. En la constelación del Dragón la estrella más brillante es la Etamín (γ), le sigue la η , y la α (Tubán) ocupa el octavo lugar. En la constelación del Sagitario con la letra α está designada sólo la estrella de 16ª magnitud, mientras que las estrellas más brillantes llevan las letras ϵ (Kaus Australis), σ (Nunki), ξ y δ .

Mucho más tarde para designar las estrellas fue introducida la numeración digital dentro de cada constelación, que ahora se usa, como regla, sólo para las estrellas débiles, que en una serie de constelaciones también se designan con letras latinas. Las designaciones de las estrellas se ponen en las actuales cartas del cielo estelar y en los registros especiales de las estrellas que se llaman catálogos estelares. Hasta el momento, los astrónomos han registrado en los catálogos estelares todas las estrellas visibles a simple vista y muchas que son accesibles a la observación sólo con telescopios. El registro de las estrellas muestra que a simple vista son accesibles a la observación en todo el cielo cerca de cinco mil quinientas estrellas, con la particularidad de que desde el territorio de la URSS se ven tan sólo unas tres mil. A causa de su débil brillo la gran cantidad restante de estrellas son inaccesibles a simple vista.

El estudio cada vez más detallado de las estrellas obligó a introducir la evaluación cuantitativa de su

«luminosidad visible» o, como ahora se ha adoptado llamarlo más correctamente, brillo (magnitud). Ya la primera y superflua contemplación del cielo estelar evidencia que las estrellas tienen diferente brillo: unas son muy brillantes y atraen en seguida la atención del observador, otras, menos brillantes, no saltan a la vista, y las terceras son tan débiles que no se captan a simple vista y requieren para su observación instrumentos ópticos. Con el objeto de determinar con precisión el brillo de las estrellas es necesario adoptar cierta escala numérica. Se podría medir la cantidad de luz que llega de la estrella al observador (a la Tierra) en unidades habituales de energía luminosa, las cuales se utilizan en la física. Sin embargo, tal sistema de valoración del brillo de las estrellas resultaría en la práctica incómodo por dos motivos:

en primer lugar, la cantidad de luz que llega desde las estrellas hasta nosotros es tan pequeña que su medición en unidades físicas universalmente adoptadas equivaldría a la medición de las piezas del mecanismo de un reloj de pulsera en kilómetros;

en segundo lugar, en caso de ser adoptada, la graduación del brillo de las estrellas sería tan grande que la escala del brillo habría resultado extraordinariamente voluminosa, por lo cual habría sido imposible recordar los valores de la magnitud incluso de las estrellas más brillantes.

Por esta razón, el brillo de las estrellas no se expresa en unidades físicas absolutas (o luminotécnicas), sino en una escala convencional especial introducida ya en el siglo II antes de nuestra era por el astrónomo griego Hiparco de Nicea (180—110 a.n.e.), cuando no existían ni indicios sobre las unidades físicas de medición de la energía luminosa. Dicha escala se llama escala de magnitudes estelares (o siderales). Es probable que la propia denominación de la escala haya resultado poco acertada, por cuanto ella no determina las dimensiones lineales de las estrellas, sino que sólo permite comparar entre sí su brillo. Actualmente la escala de las magnitudes estelares ha sido considerablemente perfeccionada y para determinar el brillo de las estrellas se utilizan instrumentos ópticos de precisión.

Si un principiante aficionado a la astronomía pregunta

cómo se puede valorar el brillo de las estrellas según la escala convencional, que se acuerde de la medición de la temperatura. Pues ésta es una característica física determinada y, no obstante, se mide en escala convencional, denominada termométrica.

La escala de las magnitudes estelares se basa en la percepción de la luz por el ojo. Resulta ser que el ojo humano es capaz de discernir claramente la diferencia de intensidad de las fuentes luminosas, si el brillo de una de ellas es aproximadamente 2,5 veces mayor que el de la otra. De esa propiedad del ojo la ciencia supo sólo a fines del siglo XVIII y es un caso particular de la ley psicofisiológica (psicofísica) más general, formulada en el siglo XIX por E. Weber (1795—1878) y G. Fechner (1801—1887). Esa ley enuncia: la variación de una sensación cualquiera es directamente proporcional al cambio relativo del factor irritante o, dicho de otro modo, si la fuerza de irritación (estímulo) aumenta en progresión geométrica, la percepción (sensación) crece en progresión aritmética. Nuestros órganos de los sentidos, incluidos los ojos, no reaccionan a la variación absoluta, sino a la relativa del irritante externo y si, hablando metafóricamente, a dos bombillas eléctricas encendidas de igual potencia conectamos otras dos iguales, registraremos con certeza el aumento del alumbrado; pero si las mismas dos bombillas añaden su luz a la radiación de diez lámparas análogas, nuestra vista no notará en absoluto o casi no percibirá la diferencia de iluminación.

Es sabido que las leyes de la naturaleza actúan de manera objetiva, es decir, independientemente de la conciencia del hombre, y se hace bien comprensible por qué Hiparco, sin tener la menor idea de la ley de Weber—Fechner, la utilizó inconscientemente al implantar su escala de magnitudes estelares. Hiparco atribuyó a las estrellas más brillantes la primera magnitud estelar; las siguientes según su graduación de brillo (es decir, aproximadamente 2,5 veces más débiles) las consideró estrellas de segunda magnitud estelar; las estrellas cuyo brillo es 2,5 veces menor que el de las de segunda magnitud fueron llamadas de tercera magnitud, y así sucesivamente; de sexta magnitud estelar fueron designadas las estrellas que se encuentran en el límite de visibilidad a simple vista. Según tal graduación del brillo de las

estrellas resultaba que las estrellas de sexta magnitud estelar eran 97,66 veces más débiles que las estrellas de la primera. Partiendo de ello el astrónomo inglés N. R. Pogson (1829—1891) propuso en 1856 considerar estrellas de sexta magnitud aquellas cuyo brillo es 100 veces más débil que el de las estrellas de primera magnitud. Esa propuesta fue adoptada por todos los astrónomos y hasta ahora sirve de base para determinar el brillo de las estrellas. En cualquier intervalo de la escala la diferencia de cinco magnitudes estelares significa una diferencia de cien veces en el brillo de las estrellas. Entonces la relación entre el brillo de las estrellas de dos magnitudes estelares enteras vecinas no es de 2,5 sino de 2,512 veces, lo cual no influye en modo alguno en la precisión de la medición de las magnitudes estelares.

El principio de confección de la escala de magnitudes estelares evidencia que cuanto más débil es la estrella tanto mayor es su magnitud estelar visible, lo cual permite expresar en magnitudes estelares el brillo de las estrellas débiles, invisibles a simple vista, pero detectables por los telescopios, sin perturbar la integridad de la propia escala: a medida que se van descubriendo estrellas más débiles, la escala prosigue en el orden de aumento de las magnitudes estelares (10^a, 11^a, 12^a, etc.). En la actualidad se conocen estrellas de 24^a magnitud, cuyo brillo es mil millones de veces más débil que el de las estrellas de primera magnitud.

La determinación del brillo de las estrellas en magnitudes estelares, realizada con métodos de medición precisos y aplicando instrumentos especiales, los llamados fotómetros, ha mostrado que el brillo de las estrellas no puede expresarse con exactitud con números enteros de las magnitudes estelares (1, 2, 3, etc.), ya que el brillo de las estrellas es muy variado. En virtud de ello la escala se divide en décimas, centésimas e incluso milésimas fracciones (según el grado de precisión requerido) de las magnitudes estelares. De ahí que el brillo de la mayoría de las estrellas se exprese en números quebrados del valor de la magnitud estelar y se designe siempre con la letra latina *m*, por ejemplo, 2,12^m; 3,56^m; 5,78^m, etc.

A título de ejemplo aducimos el brillo expresado en magnitudes estelares de las siete principales estrellas de

la Osa Mayor (véase la fig. 1):

Estrella	Brillo	Estrella	Brillo
α Dubhé	1,95 ^m	ϵ Alioth	1,86 ^m
β Mérak	2,44 ^m	ζ Mizar	2,17 ^m
γ Phegda	2,54 ^m	η Benetnash	1,91 ^m
δ Megrez	3,44 ^m		

Las mediciones precisas del brillo de las estrellas de gran luminosidad demostraron que el brillo de algunas de ellas es mayor que el de las de primera magnitud estelar; tales estrellas se consideran de magnitud estelar nula; por ejemplo, el brillo de la estrella α de la Lira (Vega) es de 0,14^m; el de la estrella α del Boyero (Arturo), 0,24^m; de la α del Cochero (Capella o Cabra), 0,21^m, etc. En fin, dos estrellas, la Canopo (la α de la Quilla) y la Sirio (la α del Can Mayor), son más brillantes que las de la magnitud estelar nula, por lo cual se les atribuyó el signo negativo: -0,89^m y -1,58^m, respectivamente.

Mediante las magnitudes estelares puede expresarse el brillo del Sol (-26,8^m), de la Luna (-12,7^m con luna llena) y de los planetas.

Los lectores que conocen los conceptos matemáticos de potencia y logaritmos de los números, comprenderán que la escala de las magnitudes estelares es una progresión geométrica con el denominador igual a 2,512, y entonces la relación entre el brillo de dos objetos E_1/E_2 con magnitudes estelares m_1 y m_2 será

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1},$$

por cuanto los objetos más brillantes tienen menor magnitud estelar y viceversa.

Por lo general, esta fórmula, denominada de Pogson, se utiliza en forma logarítmica y, por cuanto $\log 2,512 = 0,4$,

$$\log \frac{E_1}{E_2} = 0,4 (m_2 - m_1).$$

Como ejemplo de aplicación de esta fórmula calculemos la relación de la iluminación de un área de superficie terrestre por el Sol y la Luna llena, situados a igual altura sobre el horizonte. Puesto que la magnitud estelar visible del Sol $m_1 = -26,8^m$, y la de la Luna llena

$$m_2 = -12,7^m,$$

$$\log \frac{E_1}{E_2} = 0,4 \cdot (-12,7 + 26,8) = 0,4 \cdot 14,1 = 5,64,$$

de donde $\frac{E_1}{E_2} = 4,37 \cdot 10^5 \approx 4,4 \cdot 10^5$, es decir, el Sol ilumina dicha área con una intensidad 440 mil veces mayor que la Luna llena.

De manera análoga es fácil establecer que el brillo de la Luna llena ($m_1 = -12,7^m$) es 30 veces mayor que el de la Luna en la fase del cuarto creciente ($m_2 = -9,0^m$):

$$\log \frac{E_1}{E_2} = 0,4(-0,9 + 12,7) = 0,4 \cdot 3,7 = 1,48,$$

o bien,

$$\frac{E_1}{E_2} = 30.$$

La misma fórmula permite determinar las magnitudes estelares m de los cuerpos luminosos, comparando su brillo E con el brillo E_1 de algún astro de conocida magnitud estelar m_1 , con la particularidad de que la relación E/E_1 se mide con un alto grado de precisión con ayuda de fotómetros. Llámense visuales las magnitudes estelares que se determinan a ojo (visualmente), aunque sea mediante instrumentos ópticos. Hasta ahora se trataba precisamente de ellas.

En la práctica de la astronomía hoy día se ha introducido ampliamente la fotografía, que permite fotografiar estrellas mucho más débiles que las observadas por la vista con los telescopios más potentes. Así, uno de tales telescopios permite ahora fotografiar estrellas hasta de 25^m , es decir, cuyo brillo es 10 mil millones de veces más débil que el de una estrella de magnitud estelar nula.

Pero las placas fotográficas reaccionan a la luz de otro modo que la vista. Hay placas sobre las que la luz roja no actúa en absoluto, la luz amarilla, muy poco, y en cambio las luces azul, violeta y ultravioleta influyen de manera extraordinaria. Por esta razón, en tales placas fotográficas las estrellas de color rojizo, por ejemplo, la Antares (la α del Escorpión) o Betelgeuse (la α de Orión), brillantes para el ojo, saldrán más débiles, en tanto que las estrellas azuladas, más brillantes. Esto fue lo que obligó a los astrónomos a adoptar otra escala de

magnitudes estelares basada en la acción de la luz sobre la placa y denominada escala de magnitudes estelares fotográficas. Se confecciona absolutamente igual que la escala de magnitudes estelares visuales, pero el brillo de las estrellas reflejado en ella difiere del brillo visual según el color de la estrella, lo cual permite expresar numéricamente su color partiendo de la diferencia de las magnitudes estelares fotográfica y visual. Esta diferencia se llama índice de color y es una de las importantes características de la estrella, pues está relacionada con su temperatura.

El índice de color de las estrellas rojas y amarillas es positivo y alcanza +2,1 de la magnitud estelar, en las blancas es próximo al cero, y en las azuladas es negativo, pero no inferior a $-0,5^m$.

Para evitar las particularidades fisiológicas individuales de la vista en los distintos observadores y tener la posibilidad de determinar los índices de color de las estrellas débiles, se usa ampliamente otra escala de apreciación del brillo de las estrellas, denominada escala de magnitudes estelares fotovisuales.

Con este objeto las estrellas se fotografían en placas fotográficas especiales, que reaccionan bien a la luz amarilla y verde (al igual que el ojo humano), además ante la placa se coloca un cristal limpio de color amarillo (filtro de luz amarilla). La experiencia muestra que las magnitudes estelares de las estrellas, determinadas por este método y llamadas en este caso fotovisuales, se aproximan tanto a las magnitudes estelares visuales que prácticamente coinciden con ellas y en la actualidad los índices de color se calculan por la diferencia de magnitudes estelares fotográficas y fotovisuales: $c = m_f - m_{fv}$.

En la astronomía existen varias escalas de magnitudes estelares que se emplean según los objetivos de la investigación. Así, en los últimos 30 años se propagaron ampliamente los métodos fotoeléctricos de estudio del brillo de las estrellas con ayuda de fotocélulas, las cuales bajo la acción de la luz generan corriente eléctrica (corriente fotoeléctrica). Este fenómeno fue descubierto ya en 1888—1890 por el físico ruso A. G. Stolétov (1839—1896). Las modernas fotocélulas sensibles engendran corriente eléctrica débil por la acción de la iluminación insignificadamente pequeña, pero dispositivos especiales

amplifican esta corriente hasta valores fáciles de medir con gran precisión.

El estudio de la radiación de las estrellas a través de los filtros de distintos colores permite obtener una serie de importantes características físicas de las mismas.

A continuación, para simplificar, la magnitud estelar visual o fotovisual la denominaremos simplemente magnitud estelar, especificando siempre cualquiera otra.

Ahora, cuando ya conocemos cómo se mide el brillo de las estrellas, cabe subrayar que las estrellas muy brillantes de magnitud estelar nula y primera no son tantas, nada más que 24 en todo el cielo, mientras que las débiles son miríadas. Ello se explica por el hecho de que el brillo de las estrellas depende no sólo de su luminosidad real, sino también de las distancias: cuanto más lejos se encuentran de nosotros las estrellas tanto más débiles parecen. Sin embargo, el color de las mismas depende de la temperatura superficial.

El hemisferio boreal del cielo cuenta en total cerca de 2900 estrellas visibles a simple vista, es decir, hasta 6^m.

Denominación	Símbolo en la constelación	Magnitud estelar visual	Magnitud estelar foto-eléctrica	Índice de color	Color	Temperatura, K
		<i>m</i>	<i>m</i>		<i>m</i>	
Sirio	α del Can Mayor	-1,58	-1,46	0,00	blanco	11 000
Vega	α de la Lira	+0,14	+0,03	0,00	blanco	11 000
Capella	α del Cochero	0,21	+0,08	+0,80	amarillo	5 200
Arturo	α del Boyero	0,24	-0,04	+1,23	naranja	4 100
Rigel	β de Orión	0,34	+0,12	-0,03	blanco	11 500
Proción	α del Can Menor	0,48	0,38	+0,42	amarillo	6 900
Altair	α del Águila	0,89	0,77	+0,22	blanco	8 400
Betelgeuse	α de Orión	0,92	0,85	+1,85	rojo	3 100
Aldebarán	α del Toro	1,06	0,75	+1,54	naranja	3 500
Pólux	β de los Gemelos	1,21	1,14	+1,00	naranja	4 600
Antares	α del Escorpión	1,22	1,35	+1,83	rojo	3 100
Espiga	α de la Virgen	1,25	0,98	-0,23	azul—	16 200
Fomalhaut	α del Pez Austral	1,29	1,16	+0,09	blanco	9 800
Deneb	α del Cisne	1,33	1,25	+0,09	blanco	9 800
Régulo	α del León	+1,34	+1,35	-0,11	blanco	13 100

