

Un telescopio como aquel, que pesaba 20 quintales antiguos, era difícil de mover y manejar. Fué por lo tanto necesaria una ingeniosa combinación de postes, poleas y cuerdas para su maniobra, que requería la ayuda continua de dos jornaleros, aparte del ayudante encar-

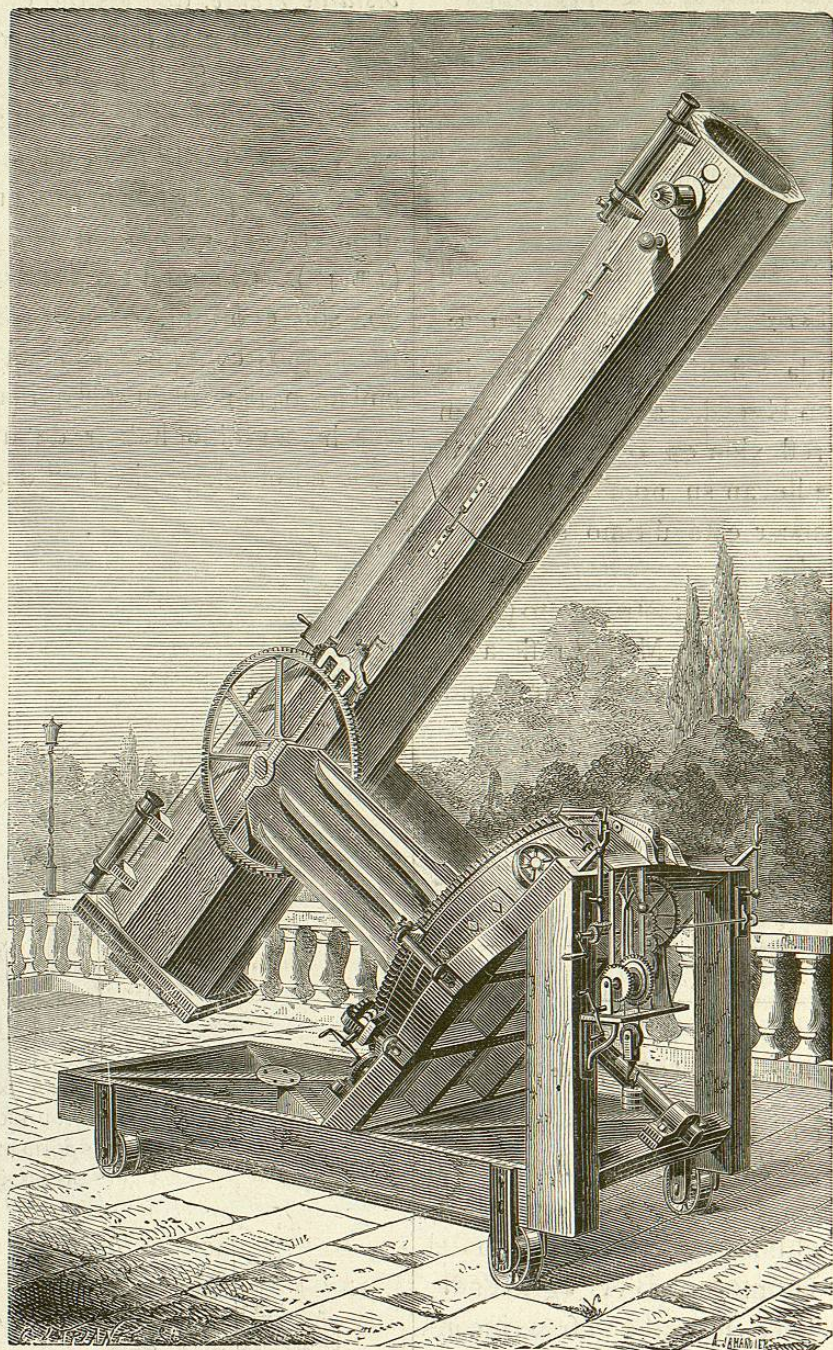


Fig. 276.—Telescopio de espejo plateado del Observatorio de Marsella

y las hace confusas. «Herschel decía que en Inglaterra apenas se cuentan cien horas en todo el año durante las cuales se pueda observar provechosamente el cielo con un telescopio de 39 pies que aumente 1000 veces. Esta persuasión indujo al célebre astrónomo á calcular que necesitaría lo ménos ochocientos años para hacer con su telescopio un exámen del cielo combinado de

gado de observar la hora en el péndulo. Además, para observar con tan poderosos instrumentos se necesita que la atmósfera esté muy despejada, sin lo cual la amplificación de las irregularidades aparentes procedentes de las refracciones atmosféricas, deforma las imágenes

tal modo que el campo del instrumento se hubiera dirigido un solo instante á cada punto del espacio.»

El telescopio que lord Rosse ha construido é instalado en su parque de Parsonstown en Irlanda es todavía más colosal que el telescopio ya enorme de Herschel. Sólo el espejo metálico, de 1<sup>m</sup>,83 de diámetro y unos 17 me-

tros de distancia focal, pesa cerca de 4000 kilogramos. El peso total del aparato óptico, tubo y espejo, no baja de 10,400 kilogramos, y da aumentos de 6000 diámetros; pero esta potencia amplificadora no es aplicable sino á la observación de objetos muy luminosos, como las estrellas ó ciertas nebulosas. Con él no se pueden examinar ventajosamente la Luna ni los planetas, que sólo envían luz reflejada; por cuya razón se ha hecho uso con más éxito de tan magnífico instrumento en las investigaciones de astronomía sidérea. Este telescopio es el representado en la figura 265.

Pasemos ahora á ocuparnos del de Gregory. En el foco principal del gran espejo objetivo MM (fig. 266) situado en el fondo del tubo del instrumento, se forma una imagen aérea, real é invertida del objeto celeste AB. En sentido inverso al del gran espejo y en el mismo eje hay un pequeño reflector cóncavo mn. La imagen real focal del espejo mayor es un objeto para el menor; por consiguiente forma otra imagen real é invertida en ab, de suerte que esta es una imagen recta del objeto verdadero. Para dar salida á los haces de luz que la componen, el espejo grande tiene en su centro una abertura, delante de la cual se adapta el tubo del ocular, resultando de aquí que el observador tiene la vista directamente vuelta hácia la parte del cielo observada, como en el antejo astronómico, y por tanto no intercepta la luz que cae sobre el objetivo. Con todo, esta luz sufre alguna disminución, primero, por la abertura practicada en el centro que disminuye su superficie, pero sobre todo por la segunda reflexión en la superficie del espejo menor. Aquí está el inconveniente de los telescopios de Gregory, cuya principal ventaja consiste en la facilidad con que se hacen las observaciones sin que esto dispense de la necesidad de apelar á un pequeño antejo paralelo ó buscador.

En los telescopios de Gregory, la imagen agrandada A'B' es recta, y gracias á ello se puede usar este instrumento como antejo terrestre. Con una varilla exterior se puede desviar el espejo pequeño, de modo que se le ponga á foco; los míopes han de ácercar el espejo al ocular ó al ojo; los présbites han de apartarlo. La puesta á foco es también indispensable cuando de la observación de un objeto

situado al infinito se pasa á una observación terrestre de un objeto más ó ménos remoto, pero á distancia finita del observador.

El telescopio de Cassegrain es poco más ó ménos como el de Gregory; tiene los mismos inconvenientes y las mismas ventajas, aparte de ser un poco más corto, lo cual consiste en que siendo cóncavo el espejo pequeño, se le ha de colocar delante de la imagen real que forma el espejo mayor.

Réstanos describir el telescopio ideado por Newton (fig. 274). El espejo m que recibe los rayos luminosos emanados del objetivo M está colocado, como en el telescopio de Cassegrain, delante del foco principal á donde va á formarse la imagen real del objeto. Pero dicho espejo es un reflector plano inclinado 45°, de suerte que no hace más que reflejar la imagen, igual á la primera, en una dirección que está en ángulo recto con la de los rayos de luz ó con el eje del instrumento. Lateralmente á esta dirección hay practicada una pequeña abertura, en la que se coloca el tubo del ocular, de modo que se pueda examinar la imagen agrandada.

En lugar de un espejo plano, se suele poner un prisma rectangular, yendo á caer en la cara hipotenusa de este prisma los rayos reflejados por el objetivo, los cuales van á su vez á parar al ocular en virtud del fenómeno conocido con el nombre de *reflexion total*.

Guillermo Herschel construyó muchos telescopios para sus propias observaciones; él mismo labraba y bruñía los espejos y había adquirido gran habilidad en estas operaciones, prolijas y delicadas por lo comun. Hé aquí algunos detalles interesantes acerca de este asunto, que tomamos de la excelente reseña de los trabajos del gran observador de Slough publicada por Francisco Arago:

«Antes de haber adquirido medios directos y seguros para dar á los espejos la forma de secciones cónicas, preciso le fué á Herschel, como á todos los ópticos predecesores suyos, procurar el modo de lograr su objeto á fuerza de pruebas y tanteos. Sólo que sabía discurrir estas pruebas de suerte que jamás perdía terreno. En su sistema de trabajo, lo mejor no estaba reñido con lo simplemente bueno, á pesar de lo que asegura un antiguo adagio. Cuando Herschel emprendía la construcción de un

telescopio, fundía (1) y moldeaba muchos espejos á la vez, diez por ejemplo.

»Ponia aparte el espejo que mejor resultado le daba en las observaciones celestes hechas en circunstancias favorables, y reformaba los otros. Cuando uno de estos resultaba por casualidad superior al espejo reservado, pasaba á ocupar el puesto de éste, hasta que otro salía mejor que él, y así sucesivamente. Al que desee saber

hasta qué punto eran prolijas estas operaciones, aún en la época en que Herschel no era más que un simple aficionado á la astronomía en la ciudad de Bath, le diremos que hizo hasta doscientos espejos newtonianos de 7 piés ingleses ( $2^m,13$ ) de foco; ciento cincuenta de 10 piés ( $3^m,05$ ), y unos ochenta de 20 piés ( $6^m,096$ ).

»Siempre que Herschel se ponía á bruñir un espejo de telescopio, tenía trabajo continuo para

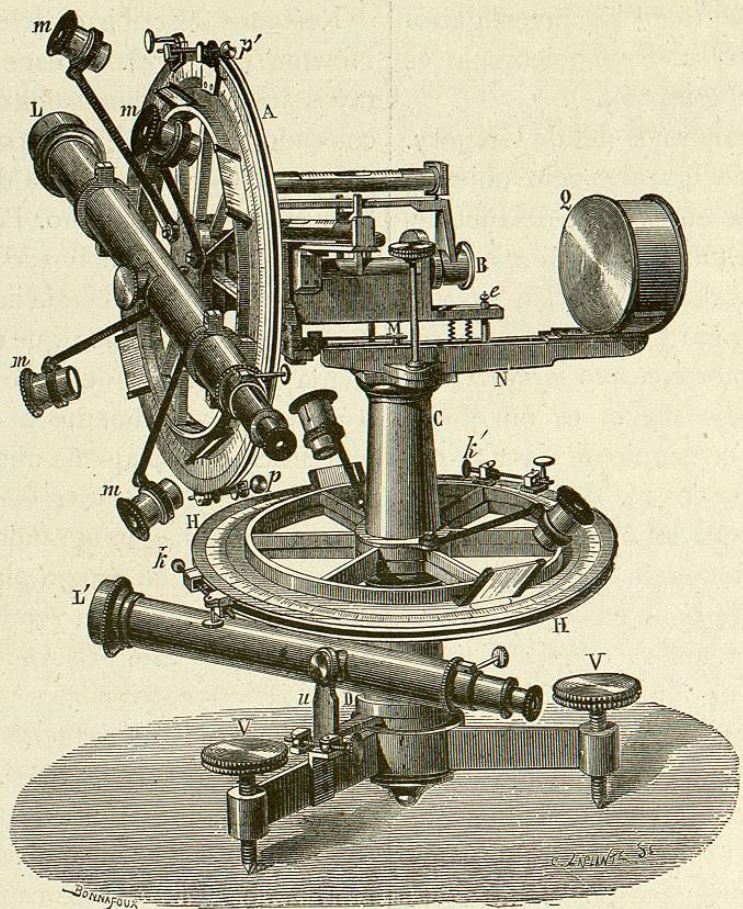


Fig. 277.—Teodolito de Gambey

A, círculo vertical graduado, móvil alrededor del eje horizontal B; L, anteojo ó alidada concéntrica que sirve para mirar la estrella cuya distancia zenital se quiere conocer, y que se lee en el círculo vertical; H, círculo horizontal ó azimutal graduado, en el cual se lee el ángulo trazado por el círculo vertical alrededor del eje C, cuando se han observado sucesivamente dos estrellas distintas; L', anteojo para mirar un punto remoto que sirve de referencia.

diez, doce ó catorce horas. No lo soltaba un momento de la mano, ni siquiera para comer, y su hermana tenía que presentarle los alimentos sin los cuales no hubiera podido soportar tan prolongada fatiga; Herschel no abandonaba su tarea por nada en el mundo, pues según decía, hubiera sido malograrla.»

Los telescopios de espejos metálicos adolecen

(1) El metal con el que se fabrican los espejos de telescopio es de bronce, compuesto de 67 partes de cobre y 33 de estaño. A veces se añaden escasas proporciones de latón, plata, arsénico y también platino. Esta aleación tiene un tono amarillento y es susceptible de adquirir un hermoso pulimento.

de graves inconvenientes; aparte del enorme peso del objetivo tan luego como su abertura es de dimensiones considerables, tienen el defecto de que se han de bruñir muy á menudo los reflectores, que se empañan por efecto de la humedad atmosférica. El pulimento mismo es una operación delicada, porque puede alterar la curvatura del espejo.

Leon Foucault ha logrado conservar al telescopio su principal ventaja sobre los anteojos astronómicos, cual es la de que no tengan aberración de refrangibilidad, y además ha dis-

minuido considerablemente, y á igualdad de diámetro, el peso del objetivo, y hecho que la curvatura del espejo sea poco menos que inalterable. Para ello ha reemplazado con espejos de cristal los de metal, y ha evitado que adolecieran del defecto de aberración de refrangibilidad trabajándolos por un método especial hasta dotarlos de una forma parabólica casi perfecta.

Por otra parte, ha aumentado el poder reflector del espejo plateando su superficie. Mediante una solución de nitrato de plata amoniacal en alcohol, se puede cubrir esta superficie, á la temperatura ordinaria, con una doble película metálica, que se renueva fácilmente cuando el uso la deteriora, sin perjudicar en lo más mínimo la forma geométrica del espejo (1).

El hábil físico á quien nos referimos construyó y remitió en 1862 al observatorio de Marsella un instrumento de esta clase, hecho con arreglo al sistema newtoniano y montado paralácticamente á fin de poder observar la marcha de un planeta, de un astro, de una nebulosa, á medida que los arrastra el movimiento diurno, habiendo prestado en dicho observatorio grandes servicios á la astronomía física. El objetivo tiene 80 centímetros de diámetro y  $4^m,50$  de distancia focal. El ocular no es en rigor sino un microscopio, compuesto de modo que la imagen esté totalmente exenta de aberración (fig. 276).

Se construyen telescopios de espejo plateado de pequeñas dimensiones que dan aumentos de 60 á 200 diámetros. El de la figura 275 representa el modelo de uno de estos telescopios que tiene 10 centímetros de diámetro y sólo 60 de distancia focal. Con un instrumento de esta clase, los aficionados pueden estudiar las estrellas binarias, observar los satélites de Júpiter, el anillo de Saturno, las manchas del Sol, y vis-

(1) No puede decirse otro tanto del pulimento de los espejos metálicos. Cuando ha quedado terminado el trabajo largo y minucioso de obtener la curvatura conveniente en una superficie metálica, este resultado es por desgracia precario, como Leon Foucault hace observar con razón, y se encuentra en efecto comprometido tan luego como el pulimento llega á alterarse por efecto de los agentes atmosféricos. «Con el cristal, dice, sucede lo contrario; una vez conseguida la curvatura, puede considerársela como definitiva, por cuanto las alteraciones que sobrevienen con el tiempo tan sólo influyen en la capa metálica depositada mediante una operación que se puede repetir cuantas veces se quiera.»

lumbrar detalles muy interesantes de las montañas de la Luna.

## V

### VENTAJAS É INCONVENIENTES DE LOS ANTEOJOS Y REFLECTORES

Los telescopios que acabamos de describir pertenecen á dos clases principales: los refractores y los reflectores. El sistema ó aparato ocular de cada uno de ellos es el mismo: pero difieren esencialmente por el aparato objetivo. Unos y otros están en uso en todos los observatorios de ambos mundos, y más de una vez se ha discutido su valor respectivo. La verdad es que es difícil decidir de una manera absoluta. Hay casos en que uno de ambos sistemas prevalece y resulta inferior en otros; las ventajas y los inconvenientes se compensan más ó menos, según el instrumento, la habilidad del constructor, la del observador que hace uso de él y también el destino especial á que se le dedica.

Las ventajas de los refractores ó anteojos astronómicos son las siguientes: su manejo es más cómodo, sus objetivos más duraderos y tardan mucho en alterarse. Por último, á abertura igual, dan mayor claridad que los espejos. Los instrumentos meridianos y el mayor número de los ecuatoriales son telescopios refractores. En cambio, su instalación es difícil y por consiguiente más costosa. Lo difícil que es obtener masas de cristal de dimensiones algo grandes, sin defectos, sin estrías, ha impedido largo tiempo que se construyeran anteojos de mucho diámetro. Cuando se ha logrado fundir una masa de dimensiones convenientes, el trabajo de talla ó de pulimento es muy grande, puesto que por cada objetivo hay que pulir cuatro superficies distintas, al paso que el objetivo de un reflector sólo tiene una superficie.

En esto consiste la principal ventaja del telescopio reflector. El espejo que constituye el objetivo está exento de aberración de refrangibilidad; es necesariamente acromático, y lo único que hay que corregir en él es la aberración de esfericidad. Pero la absorción de la luz es considerable; el peso de la masa metálica hace que el manejo del instrumento sea difícil y molesto cuando su abertura tiene grandes proporciones; los agentes atmosféricos deterio-