

turas del objetivo y de la pupila del ojo. Así por ejemplo, el número de estrellas que se puede percibir con un anteojo de gran abertura en una extensión limitada del cielo crece considerablemente, como lo prueban las figuras 670 y 671. La una representa una pequeña porción del cielo ocupada por la constelación de los Gemelos, en la que sólo se perciben á la simple vista siete estrellas, pero M. Chacornac ha distinguido hasta 3,205 con un anteojo de 27 centímetros de abertura. Suponiendo que la pupila tenga 6 milímetros de abertura, aumentaba el brillo en la relación de 36 á 72,900 ó de 1 á 2,025, abstracción hecha de la absorción de la luz por la materia de que se componen las lentes. Así se explica también la posibilidad de distinguir en pleno día con los anteojos estrellas que no se pueden ver á la simple vista sino al anochecer ó de noche.

Los astros que no son luminosos por sí mismos, como la Luna y los planetas, tienen en los anteojos astronómicos menor brillo que á la simple vista, de lo cual resulta que el poder de amplificación es limitado para un objetivo dado.

Entre los anteojos astronómicos más poderosos y notables de cuantos hoy se conocen, debemos citar los de los observatorios de París y de Pulkova, que tienen 38 centímetros de abertura y 8 metros de distancia focal, y el del observatorio de Cambridge (Estados Unidos), cuya abertura mide 47 centímetros, instrumento que es el mayor telescopio refractor construido hasta el presente (1).

## III

## ANTEOJO TERRESTRE Ó DE LARGA VISTA

Debemos á Keplero el descubrimiento teórico del anteojo astronómico ó de ocular convergente; pero el gran astrónomo no realizó su idea, siendo el P. Schnéider el primero que construyó un anteojo de esta clase, que sustituyó poco á poco al de Galileo.

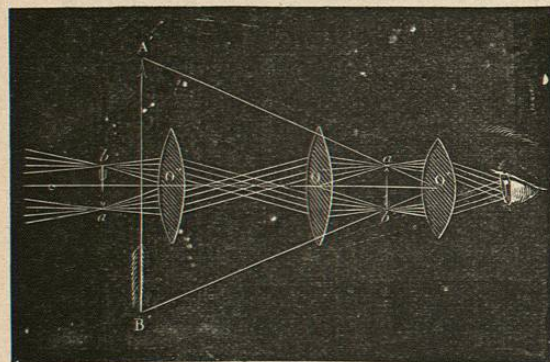


Fig. 673.—Marcha de los rayos luminosos en el anteojo terrestre

En ella se ve que el sistema ocular del anteojo terrestre se compone de tres ó cuatro lentes.

La ventaja de esta combinación consiste en que reproduce derechas las imágenes, circunstancia tan necesaria para los objetos terrestres. Su inconveniente está en la atenuación de brillo que no permite emplear una amplificación tan considerable con el

(1) Háblase en estos momentos de un telescopio refractor cuya lente debe tener 0<sup>m</sup>,635 de diámetro, y que se está construyendo en Inglaterra. Alvan Clark, constructor del gran anteojo de Cambridge, ha emprendido la fabricación de otra lente de 0<sup>m</sup>,69. Si el éxito corona esta osada tentativa, América tendrá la supremacía bajo este punto de vista.

mismo objetivo. La luz absorbida por su paso al través de las dos nuevas lentes es la causa de esta atenuación, defecto de que no adolece el anteojo de Galileo.

Hoy se construyen anteojos de larga vista de todos tamaños y de vario poder óptico, tanto para objetos de utilidad como para distracción y recreo. Antes de la invención del telégrafo eléctrico, los empleados de las torres ópticas se servían, para distinguir con claridad las señales, de anteojos de larga vista cuyos objetivos tenían hasta 8 ó 9 centímetros de diámetro y 2<sup>m</sup>,50 de distancia focal. Los marinos usan anteojos

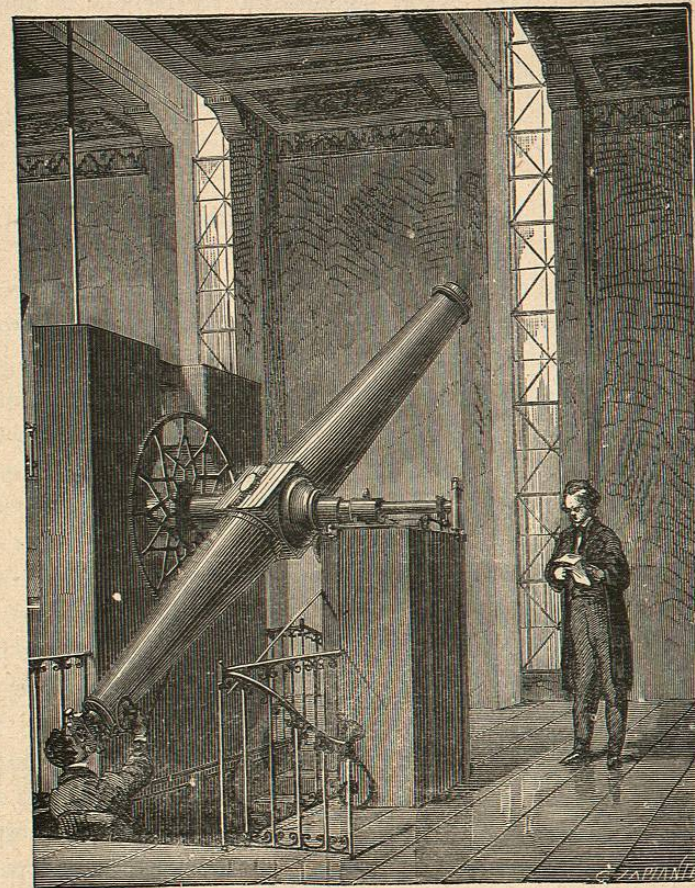


Fig. 674.—Meridiana del Observatorio de París

semejantes, aunque de menores dimensiones porque su manejo sería molesto á bordo; los *anteojos de noche*, de que se sirven por lo regular, son, ó anteojos de ocular simple como los astronómicos, ó de objetivo de gran diámetro, con objeto de recibir la mayor cantidad posible de luz y de que puedan verse los objetos en la oscuridad.

Para las casas de campo se construyen anteojos de mayor alcance, porque se los puede instalar de un modo perenne sobre pies de varias formas; están provistos de cierto número de oculares, unos terrestres y otros astronómicos, de distintos aumentos y con los cuales pueden los aficionados hacer muchas é interesantes observaciones.

Por lo que hace á los instrumentos de astronomía propiamente dichos, requieren una perfección que hace su adquisición relativamente costosa. El objetivo principalmente debe reunir á una gran pureza en la materia que lo forma un trabajo de talla y de pulimento largo y difícil, sin el cual no es posible conseguir la nitidez de las imágenes ni su acromatismo. Por esto es necesario someterlos á varias y continuas pruebas,



hechas por ojos expertos y acostumbrados á las observaciones celestes. Por lo común se los aplica á estudiar ciertos objetos celestes de difícil observación, á desdoblar algunas estrellas, á reconocer los detalles de estructura de las nebulosas ó de los anillos de Saturno, ó á examinar detenidamente los satélites de este planeta. En cambio hay otros objetos que se ven muy bien con casi todos los instrumentos, como por ejemplo la Luna, para la cual no hay anteojo malo.

Pero hay que abstenerse en lo posible de las grandes ampliaciones, excepto cuando se estudian las estrellas ó las nebulas. Un aumento regular, que dé mucha claridad y nitidez, es preferible á las ampliaciones exageradas que es costumbre aplicar á los instrumentos sin utilidad evidente.

## IV

## LOS TELESCOPIOS CATADIÓPTICOS

El telescopio reflector ó catadióptrico, ó sencillamente, según su nombre vulgar, el telescopio, difiere de los anteojos ó telescopios refractores en que el objetivo es un espejo ó reflector cóncavo en vez de una lente convergente. En este espejo se forma una imagen real del objeto, imagen situada en su foco principal cuando el objeto se halla á una distancia que se puede considerar infinita. Colocando convenientemente un ocular para examinar dicha imagen, se obtiene la ampliación apetecida, como en el anteojo astronómico. Zucchi ideó en 1616 la sustitución del espejo á la lente objetiva, pero al

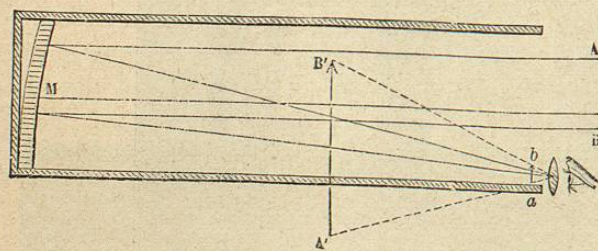


Fig. 675.—Principio y disposición del telescopio *front-view* de Herschel

astrónomo inglés Gregory corresponde el mérito de la primera aplicación efectiva, y aun puede decirse, de la invención del telescopio. Según veremos más adelante, la imagen del objeto amplificado por el ocular se forma después de reflejarse dos veces en un espejo grande y luego en otro pequeño, ambos cóncavos, de lo cual resulta una pérdida de luz considerable. Newton discurrió disponerlo de otro modo, pero efectuándose también la reflexión en dos espejos, y por fin Guillermo Herschel suprimió por completo la segunda reflexión en los telescopios de gran abertura que llevan su nombre. Empecemos por dar á conocer este último sistema, el más sencillo de todos.

En el fondo del tubo del instrumento (fig. 675) hay un espejo cóncavo M que refleja los rayos AB emanados del objeto celeste, dando lugar con esta reflexión á la formación de una imagen aérea ó real *ba* invertida. Por medio del ocular O, situado delante del foco principal del objetivo y en el borde inferior del tubo del telescopio, se ve la imagen B'A' agrandada, pero siempre invertida, lo cual no ofrece inconveniente para las observaciones astronómicas.

Sólo es posible dar semejante disposición á los telescopios cuyos espejos son de gran abertura, porque obligado el astrónomo á volver la espalda al astro para observar, intercepta con su cabeza gran número de rayos que dejan de penetrar en el instrumento. Por esto se da al espejo una posición algo inclinada relativamente al eje del

tubo. En un telescopio muy grande, la parte de la cabeza del observador que tapa en parte la abertura del tubo es una pequeña fracción de la superficie del espejo, lo cual no sucedería en un telescopio de escasas dimensiones.

Conócense los telescopios de este sistema con el nombre de *telescopios front-view* ó *de vista de frente*, que les dió el mismo Herschel. El mayor de esta clase que construyó el ilustre astrónomo de Slough con arreglo á dicho modelo es el que representa la figura 676 en su aspecto exterior. Tenía nada menos que 39 pies y 4 pulgadas inglesas de largo (13 metros), y el diámetro del espejo era de 4 pies 10 pulgadas (1<sup>m</sup>,47).

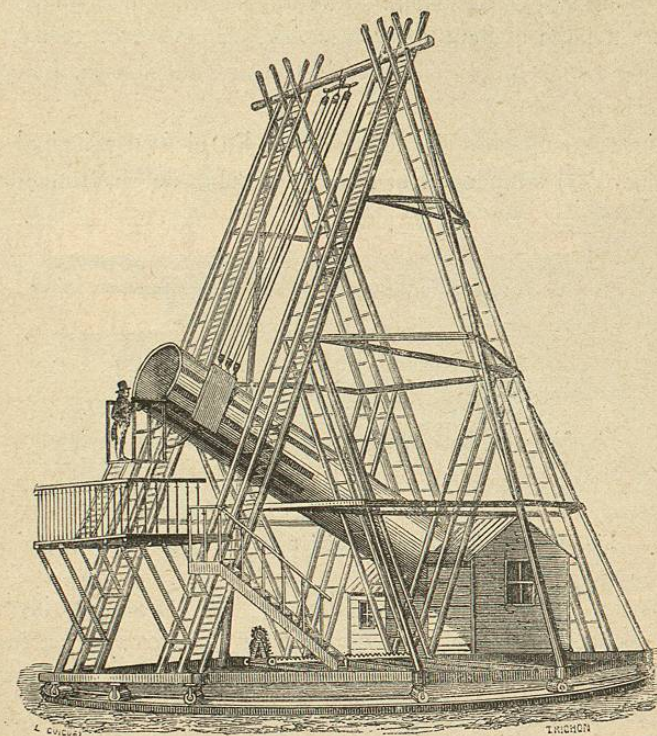


Fig. 676.—Gran telescopio de Herschel, en el observatorio de Slough

“Semejantes dimensiones, dice Arago, son enormes comparadas con las de los telescopios contruídos hasta entonces; y sin embargo, parecerán mezquinas á las personas que hayan oído hablar de un supuesto baile dado en el telescopio de Slough. Los que propalaron tal patraña confundieron al astrónomo Herschel con el cervecero Meux, y un cilindro en el cual apenas podía estar de pie el hombre de más corta estatura, con ciertos toneles, tamaños como casas, en los cuales se fabrica ó se conserva la cerveza.”

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 el ayudante encargado de observar la hora en el reloj. Además, para observar con tan poderosos instrumentos se necesita que la atmósfera esté muy despejada, sin lo cual la ampliación de las irregularidades aparentes procedentes de las refracciones atmosféricas deforma las imágenes 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 1,000 veces. Esta persuasión indujo al célebre astrónomo á calcular que necesitaría lo menos ochocientos



años para hacer con su telescopio un examen del cielo combinado de tal modo que el campo del instrumento se hubiera dirigido un solo instante á cada punto del espacio.,

El telescopio que lord Rosse ha construído 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 metros de distancia focal, pesa cerca de 4,000 kilogramos. El peso total del aparato óptico, tubo y espejo, no baja de 10,400 kilogramos, y da aumentos de 6,000 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 678.

Pasemos ahora á ocuparnos del de Gregory. En el foco principal del gran espejo objetivo MM (fig. 677) situado en el fondo del tubo del instrumento, se forma una

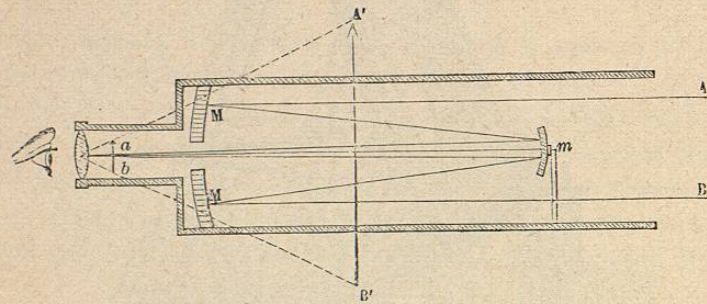


Fig. 677.—Principio y disposición del telescopio de Gregory

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 hacia 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 acercar el espejo al ocular ó al ojo; los presbítes 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 menos remoto, pero á distancia finita del observador.

El telescopio de Cassegrain es poco más ó menos como el de Gregory; tiene los mismos inconvenientes y las mismas ventajas, aparte de ser un poco más corto, lo cual

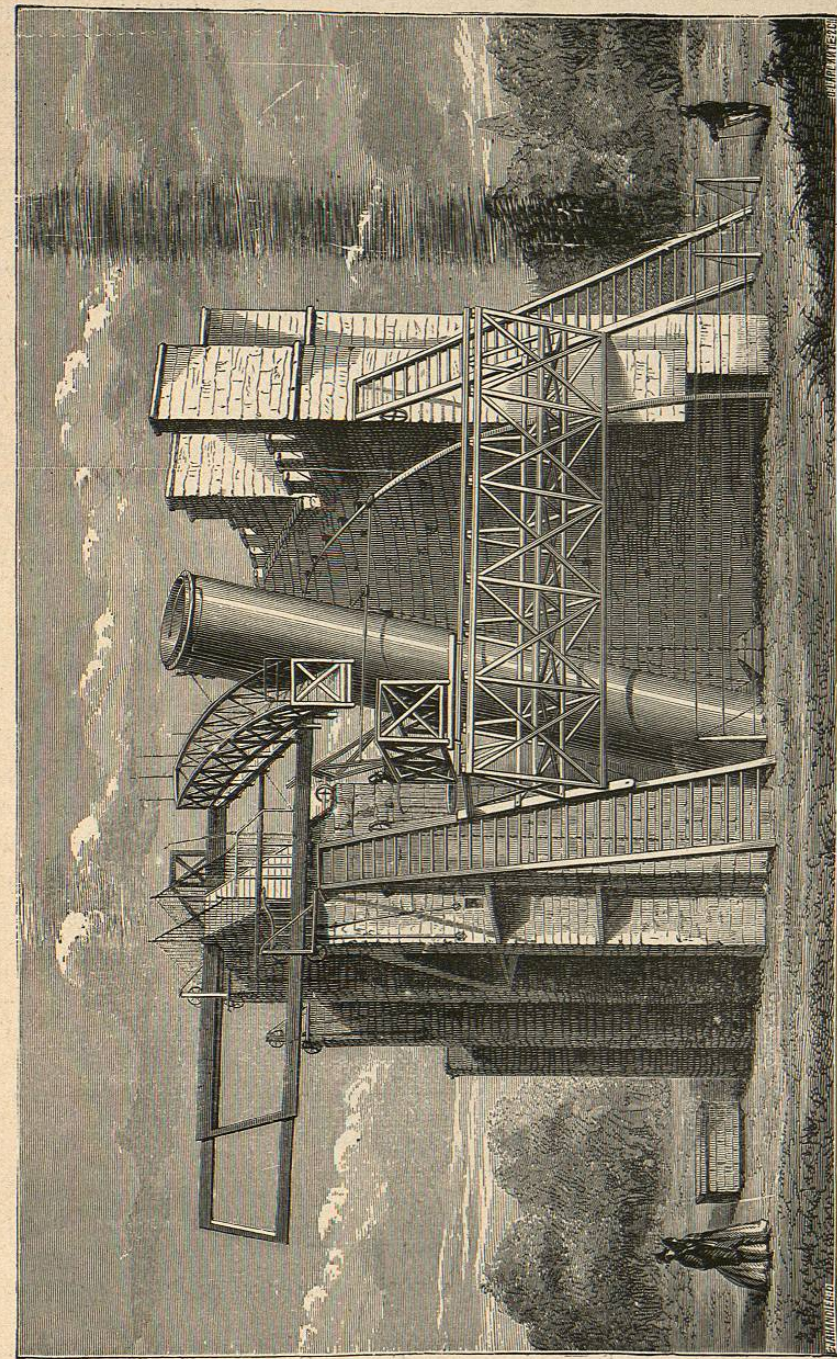


Fig. 678.—Telescopio de lord Rosse, en Parsonstown (Irlanda)



consiste en que, siendo convexo 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. 680). El espejo *m* que recibe los rayos luminosos emanados del objetivo *M* está colocado, como en el telescopio

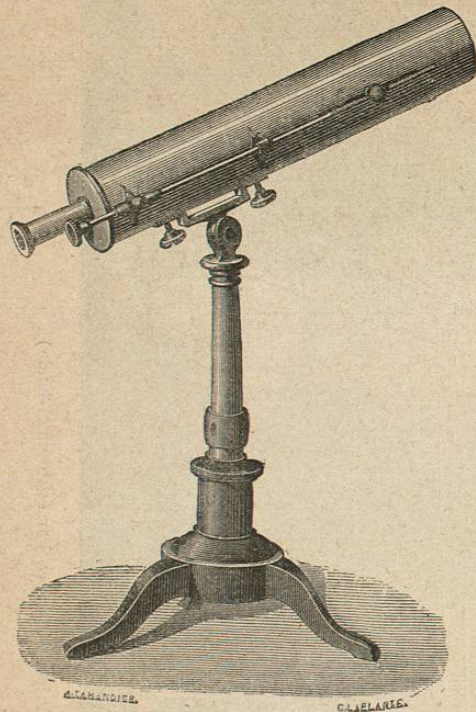


Fig. 679.—Vista exterior del telescopio de Gregory

de Cassegrain, delante del foco principal adonde va á formarse la imagen real del objeto. Pero dicho espejo es un reflector plano inclinado  $45^\circ$ , 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 de *reflexión 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 común. He 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.

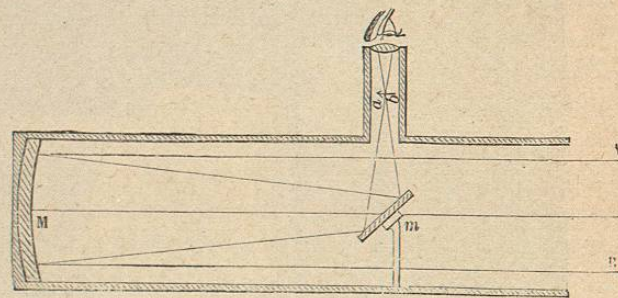


Fig. 680.—Principio y disposición del telescopio de Newton

(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.

„Ponía aparte el espejo que mejor resultado le daba en las observaciones celestes hechas en circunstancias favorables, y reformaba los otros. Cuando uno de éstos resultaba por casualidad superior al espejo reservado, pasaba á ocupar el puesto de éste

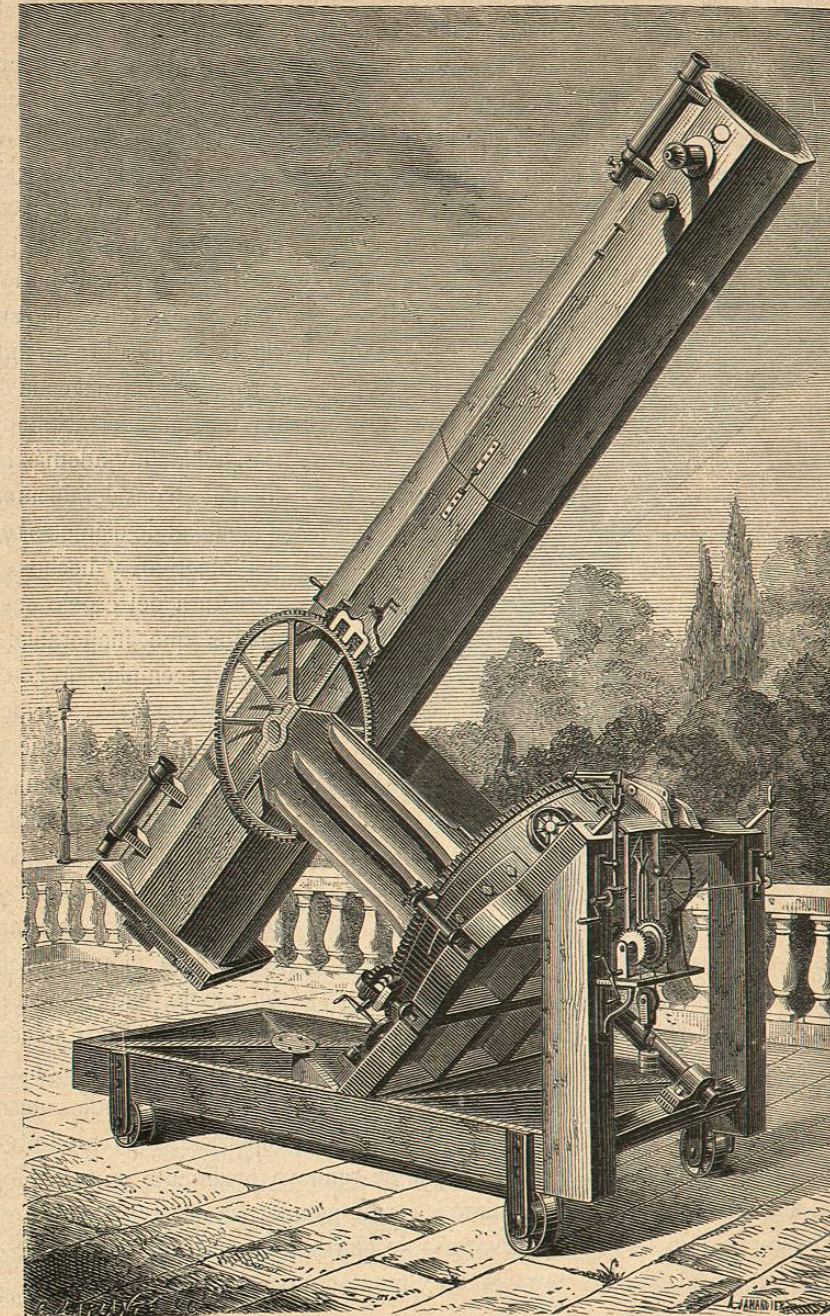


Fig. 681.—Telescopio de espejo plateado del Observatorio de Marsella

hasta que otro salía mejor que él, y así sucesivamente. Al que desee saber hasta qué punto eran prolijas estas operaciones, aun 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 pies ingleses ( $2^m,13$ ) de foco; ciento cincuenta de 10 pies ( $3^m,05$ ), y unos ochenta de 20 pies ( $6^m,096$ ).