

CAPÍTULO IV

EL TELESCOPIO

I

LOS ANTEOJOS.—ANTEJO DE GALILEO.—ACROMATISMO

El microscopio nos permite penetrar los misterios de lo infinitamente pequeño, poniendo al alcance de la vista humana los objetos más ínfimos, y haciendo ver de un modo distinto los mil detalles que envían a nuestros ojos una luz demasiado débil para impresionar la retina.

Lo que el microscopio hace con los objetos que están a nuestro alcance, pero que son demasiado pequeños, lo realiza el telescopio con análoga potencia con los objetos

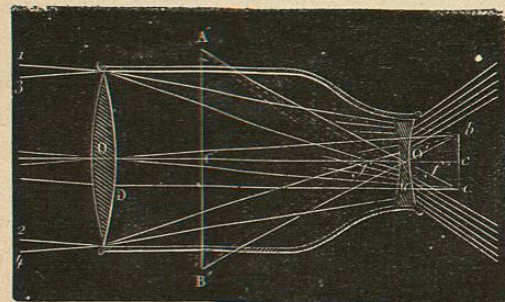


Fig. 664.—Marcha de los rayos luminosos en el anteojo de Galileo

que por su gran distancia son invisibles, cualesquiera que sean sus dimensiones efectivas. Sondea las profundidades del espacio y hace accesibles a la vista astros cuya existencia no hubiera sospechado siquiera el hombre sin su auxilio. Aproxima los que se pueden observar a la simple vista, y entonces revela a la ciencia los detalles de su estructura, multiplicando así para satisfacer nuestra curiosidad los objetos que la Naturaleza ofrece a la

observación, y con cuyo auxilio la inteligencia humana logra descubrir sus leyes.

El nombre de telescopio procede del griego como el de microscopio; uno y otro tienen por raíz común la palabra *skopeo*, yo miro; *mikros* significa *pequeño*, y *tele*, *lejos*. La etimología permite, pues, aplicar el nombre de telescopio a todos los instrumentos cuyo efecto consiste en amplificar los objetos remotos haciéndolos parecer menos distantes. En Francia se acostumbra reservar el nombre de *anteojos* a los telescopios exclusivamente refractores, formados tan sólo de ciertas combinaciones de vidrios ó lentes, al paso que el de *telescopios* se aplica más especialmente a los instrumentos, en los cuales entra un espejo ó un reflector; á veces se dice de estos últimos que son telescopios *catadióptricos*. Nosotros nos conformamos con el uso, por más que no esté muy justificado, y describiremos sucesiva y separadamente los anteojos y los telescopios.

¿De qué fecha data la invención de los anteojos? ¿Se sabe con toda certeza quién fué el inventor de este maravilloso instrumento de investigación terrestre y celeste?

Los eruditos sólo dan respuestas dudosas á estas preguntas, como sucede con tantos otros descubrimientos científicos. Pero en este asunto se puede tener la seguridad

de que la pretensión de remontar el descubrimiento de los anteojos de aumento á la antigüedad y aun á la Edad media no tiene ningún fundamento sólido (1). La primera mención de la posibilidad de combinar dos lentes, una cóncava y otra convexa, "para ver agrandados y distintos lo mismo los objetos próximos que los remotos," la hizo Porta á fines del siglo xvi. Pero quien realizó por primera vez esta combinación y construyó el primer anteojo telescópico fué Juan Lippershey, óptico de Middelburgo en 1606. Santiago Adrián Metuis en 1608 y Galileo en 1609 dieron á lo que parece con la solución del problema óptico indicado por Porta, mas hay que advertir que el gran físico y astrónomo de Florencia había tenido ya noticia del descubrimiento de Lippershey, aunque sin conocer ningún detalle preciso sobre el instrumento construído por éste.

¿Cómo consiguió el óptico holandés este resultado? No se sabe de cierto, como lo prueba el que hay dos versiones diferentes acerca del asunto. Véanse cuáles son, según Arago.

"Jerónimo Sirturo, dice, cuenta que un desconocido, *hombre ó genio*, se presentó en casa de Lippershey, y le entregó muchas lentes convexas y cóncavas. El día convenido fué á buscarlas, eligió dos, una cóncava y otra convexa, se las puso delante de un ojo, las separó poco á poco, sin decir si esta maniobra tenía por objeto examinar el trabajo del artista ó cualquier otra causa, pagó y partióse. Lippershey se puso al punto á imitar lo hecho por el desconocido, echó de ver la amplificación motivada por la combinación de las dos lentes, adaptólas á los extremos de un tubo y se apresuró á ofrecer el nuevo instrumento al príncipe Mauricio de Nassau.

"Según otra versión, hallábanse jugando los hijos de Lippershey en la tienda de su padre, cuando se les ocurrió mirar al través de dos lentes, una convexa y otra cóncava; puestos por casualidad estos cristales á conveniente distancia, les hicieron ver el gallo de la veleta del campanario de Middelburgo agrandado ó sumamente cerca. La sorpresa de los muchachos llamó la atención del padre, el cual para hacer la prueba con más comodidad, puso primero los cristales en una tablita, y luego los sujetó á los extremos de dos tubos capaces de entrar uno dentro de otro: desde aquel momento quedaba descubierto el anteojo." (*Astronomía popular*.)

El anteojo se compone de dos partes esenciales, de dos sistemas de lentes: una de ellas, la más próxima al objeto que se examina, se llama por esta razón *objetivo*; por lo regular es una lente biconvexa, de largo foco, que produce una imagen real invertida del objeto. La segunda lente se adapta al ojo y se llama *ocular*; es en suma un anteojo de aumento simple ó compuesto, con el cual se examina la imagen, que resulta agrandada hasta cierto punto.

El ocular de los primeros anteojos era, según hemos dicho antes, una lente biconcava; la imagen invertida formada por el objeto resulta recta en este sistema, como

(1) Sólo nos referimos aquí á los anteojos compuestos. Los *simples* ó *antiparras*, formados de un solo cristal para cada ojo, de una lente convergente ó divergente de largo foco, se conocían desde mucho tiempo antes. Se hace remontar su invención al siglo xiv, sin que se pueda designar con exactitud su verdadero inventor. Según ciertos historiadores, lo fué un tal Salvino Armato de Florencia, en cuyo sepulcro se leía este epitafio:

Qui giace
Salvino d'Armato degli Armati
di Firenze
INVENTOR DEGLI OCCHIALI
Dio li perdoni a peccata
anno D. MCCCXVII

puede comprenderse por la marcha de los rayos luminosos y la formación de las imágenes que representa la figura 664. El objetivo O considerado aisladamente da en su foco, que es el principal de la lente para los objetos muy remotos, una imagen ba del objeto observado. Ya hemos dicho que esta imagen aparece invertida, de lo cual es fácil cerciorarse recibiendo en una pantalla. El ocular biconcavo O', situado entre la imagen y el objeto, hace que diverjan los rayos luminosos antes de que se reunan en el foco, impidiendo así la formación de la imagen real. Estos haces penetran en el ojo á su salida del ocular, pareciendo llegar de los puntos A' y B' situados en sus ejes ópticos en sus puntos de convergencia. De aquí resulta una imagen virtual recta A' B', que parecerá nítida si las lentes están dispuestas de modo que la imagen se forme á la distancia de la visión distinta.

Hay una diferencia esencial entre el aumento de los anteojos y el de los microscopios. En estos últimos instrumentos, la imagen agrandada es mayor en realidad que el objeto mismo, es decir, el ángulo subtendido por la imagen es mayor que el subtendido por el objeto, suponiendo que una y otro se hallen á igual distancia del ojo. En los anteojos, lo propio que en los telescopios de toda clase, la imagen es siempre inferior en dimensiones al objeto mismo, pero también mayor que la que se ve á la simple vista, consistiendo en esta amplificación el aumento dado por los anteojos.

Así pues, el antejo que acabamos de describir y que ha recibido el nombre de *antejo de Galileo*, permite ver con dos lentes solamente los objetos *derechos* á la vez que los acerca ó agranda.

Los primeros anteojos de Galileo daban un aumento muy pequeño, de 4 á 7 diámetros; el más poderoso que construyó y usó el ilustre astrónomo aumentaba 32 veces. Esto le bastó para hacer gran número de descubrimientos que á la sazón se consideraron, y con justo motivo, como maravillas; entre ellos las montañas de la Luna, las manchas y el movimiento de rotación del Sol, los satélites de Júpiter y las fases de Venus, la descomposición en estrellas de la gran nebulosa llamada Vía láctea, etc. El *Mensajero celeste* (*Nuntius sidereus*), que publicó para dar á conocer á los hombres de ciencia los resultados de sus investigaciones, apenas bastaba para consignar estos descubrimientos, que en breve constituyeron una rama de la astronomía desconocida de los antiguos: la *astronomía física*.

Hoy casi no se usa el antejo de Galileo para los estudios astronómicos, pues su aumento es muy escaso: pero se le utiliza como antejo terrestre y sobre todo para examinar los objetos poco distantes; no es otra cosa sino los *gemelos de teatro*, muy cómodos porque, á amplificación igual, son de mucha menor longitud que los anteojos de ocular convergente. Por lo demás, esta longitud debe poder variar según las vistas, es decir, según la distancia de la visión distinta para cada observador. Con este objeto, el ocular va adaptado á un tubo que puede salir y entrar en el que contiene el objetivo; con un botón que engrana con una barra dentada se puede variar poco á poco la distancia de los vidrios y ponerlos de modo que se vea con toda claridad la imagen, lo cual se designa diciendo que se la *pone á foco*. Los míopes deben acortar el antejo y los presbítes alargarlo para ver distintamente.

El aumento en los anteojos de Galileo es igual á la relación entre la distancia focal principal del objetivo y la del ocular.

El campo es poco dilatado, y como los rayos salen del ocular divergiendo, es preciso situar el ojo muy cerca del instrumento para no disminuir todavía dicha amplitud.

Creemos oportuno añadir algunas líneas acerca del perfeccionamiento introducido en la construcción de los anteojos á mediados del siglo anterior por el óptico alemán Dollond. Nos referimos al acromatismo de las lentes, del que ya nos hemos ocupado al hablar del microscopio.

Cuando una lente refracta un rayo de luz blanca, como los rayos de colores de que se compone no tienen el mismo índice de refrangibilidad, se *dispersan*, de lo cual resulta una coloración ó irisación en los bordes de las imágenes formadas, cuya irisación es un grave defecto por lo que respecta á la verdad y nitidez de las imágenes. Esta dispersión consiste en que cada uno de los rayos de colores tiene un foco distinto situado á una distancia de la lente que depende de la refrangibilidad del rayo. Dase á este defecto el nombre de *aberración de refrangibilidad*, habiendo dado Dollond con un medio

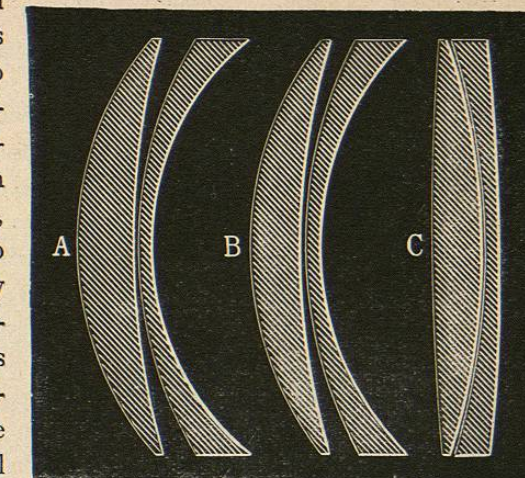


Fig. 665.—Lentes acromáticas. Objetivos de Gauss y de Herschel

para evitarlo, á cuyo fin compuso los objetivos y los oculares de los instrumentos ópticos de dos ó muchas lentes distintas, ya convergentes ó bien divergentes, y variando la clase de cristal de que están formadas estas lentes.

Formando la lente convergente con el cristal ordinario de los espejos (*crown-glass*) y la divergente bicóncava ó plano-cóncava con *flint-glass* (cristal en cuya composición entra cierta cantidad de plomo), y dando además á las curvaturas de estas lentes yuxtapuestas valores que se deducen del cálculo ó de la experiencia, Dollond fabricó sistemas de lentes *acromáticas*, es decir, lentes tales que, al refractarse los rayos de luz blanca en la dirección requerida, conservaban su paralelismo al salir de la lente, ó mas claro, no se dispersaban. Posteriormente se ha variado de muchos modos las combinaciones para dar sistemas acromáticos. De este modo se consigue suprimir ó atenuar al menos considerablemente el defecto de aberración de refrangibilidad en todo instrumento bien construido.



Fig. 666.—Antejo de teatro con objetivo y ocular acromáticos

En el antejo de Galileo el acromatismo resulta ya en parte de la circunstancia de ser divergente el ocular, al paso que el objetivo es una lente convergente. Cuidando de que el ocular sea de *flint-glass* y el objetivo de *crown*, se tendría el acromatismo, pero entonces las curvaturas de las lentes harían que la amplificación fuese muy limitada y por lo general insignificante. Por esta razón se prefiere emplear lentes en que se obtiene aparte el acromatismo.

La fig. 666 representa un antejo de teatro, viéndose en ella cuál es la combinación adoptada para el ocular y para el objetivo. Este último se compone de una lente bicóncava de flint metida entre otras dos convexas de crown, mientras que el ocular es una

lente convexa de flint interpuesta entre otras dos cóncavas de crown. Otras veces se acromatiza el objetivo solo, calculándose la curvatura del ocular de modo que aumenta la amplificación.

II

ANTEOJO ASTRONÓMICO

Pasemos ahora á tratar del *anteojo astronómico*, nombre que se da al telescopio refractor generalmente usado hoy para hacer observaciones astronómicas. Este anteojo consiste esencialmente en un sistema de dos lentes convergentes: una, el objetivo, da la imagen real é invertida del objeto; otra, el ocular, amplifica la imagen, pero conservándole su posición invertida. No hay para qué decir que las dos lentes están hechas de modo que producen el acromatismo de las imágenes. Examinemos en la fig. 667 la

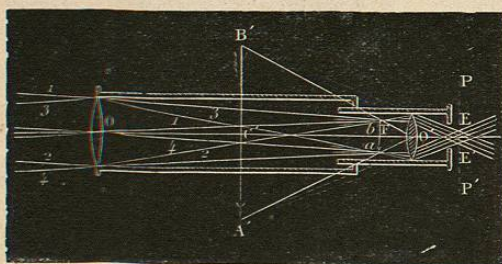


Fig. 667.—Marcha de los rayos luminosos en el anteojo acromático

marcha de los rayos luminosos en el anteojo astronómico, y comprenderemos fácilmente en qué difiere del de Galileo. Los rayos partidos de la extremidad superior del objeto, que se supone situado á distancia infinita, forman un haz paralelo 1, 2, al llegar al objetivo O. Al salir de este último, donde se refractan, forman por su convergencia en *a* una imagen de dicha extremidad. El haz 3, 4, emanado de la parte inferior, da á su vez una imagen real *b*, formándose en definitiva á la distancia focal principal del objetivo, en *ab*, una imagen real é invertida del objeto. Esta imagen es la que se ve agrandada gracias al anteojo ú ocular O', pero siempre invertida en A' B', es decir, á una distancia del ojo igual á la de la visión distinta.

Como en el anteojo de Galileo, el aumento es igual á la relación que existe entre

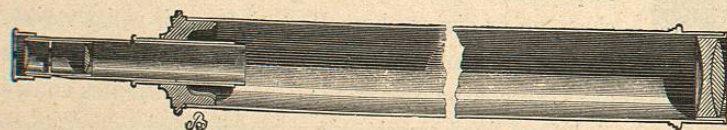


Fig. 668.—Vista interior del anteojo astronómico

las distancias focales principales del objetivo y del ocular. Así, cuanto más largo es el foco de la lente del objetivo y más corto el del ocular, mayor es la amplificación lineal del anteojo. Aquí sólo tratamos de los antejos en que el ocular se compone de una sola lente acromática ó no. El valor de la amplificación se expresa con otra fórmula cuando el ocular se compone de un sistema de lentes.

La figura 668 indica cuál es la disposición interior del anteojo astronómico.

El ocular consta de dos lentes plano-convexas separadas por un diafragma y adaptadas á un tubo que entra y sale en el tubo mayor que contiene el objetivo. Las dos lentes del ocular pueden estar dispuestas de modo que se correspondan sus superficies convexas; en este caso están situadas más allá de la imagen que se produce en el foco

del objetivo, formando entonces el *ocular positivo* ideado por Ramsden. Huygens colocaba las dos lentes de modo que sus caras planas estuvieran vueltas en dirección del ojo (fig. 668), y entre ellas cae el foco del objetivo. Tal es el *ocular negativo*.

Por medio de un botón exterior se introduce más ó menos el tubo del ocular hasta ponerlo á foco, es decir, en la posición en que la imagen se ve perfectamente, lo cual depende de la amplificación dada, de la vista del observador, y por lo que respecta á los objetos cuya distancia es comparativamente corta, de la lejanía de estos objetos. Por lo que hace á los cuerpos celestes, cuya distancia puede considerarse infinita, dicha posición es relativa solamente á la amplificación, es decir, al ocular empleado y á la vista del observador, la cual puede ser normal, miope ó présbite (1).

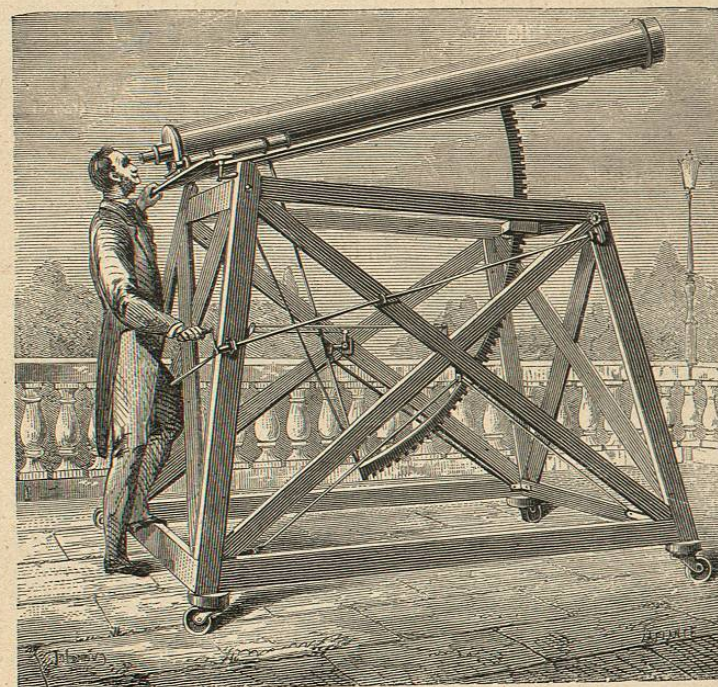


Fig. 669.—Vista exterior del anteojo astronómico

Al instrumento va unido un buscador, anteojo pequeño adaptado paralelamente al anteojo principal y provisto en su foco de dos hilos cruzados en ángulo recto. Cuando la amplificación del anteojo principal es un poco considerable, el campo es muy reducido, de suerte que valiéndose de él para observar algún objeto, cuesta trabajo hacer que éste venga á parar al campo del anteojo. Como el del buscador es comparativamente muy grande, se halla con él fácilmente el objeto, se le hace venir á parar al punto de intersección de los hilos y entonces se puede ver si el objeto observado ó cuando menos su parte central se encuentra en el campo del anteojo principal.

Este lleva á su vez un sistema de hilos reticulares móviles, cuya posición se arregla de modo que su imagen sea perfectamente discernible, lo cual sucede cuando el retículo

(1) Resulta de aquí que el valor del aumento, cuya expresión hemos dado más arriba, varía un poco según la vista de los diferentes observadores. En vez de la relación entre las distancias focales del objetivo y del ocular, que conviene al caso ideal en que la vista sea acomodada para percibir con nitidez los objetos situados al infinito, es menester tomar la relación de la distancia focal del objetivo con la distancia en que la graduación de éste marca la posición del ocular.

se halla á la distancia de la visión distinta. En este mismo punto debe hallarse la imagen real formada por el objetivo, lo cual se consigue, según hemos dicho antes, introduciendo más ó menos el tubo porta-ocular.

Los anteojos de gran foco de los observatorios astronómicos son tan pesados que con dificultad se los manejaría si no se los pusiera sobre un armazón del que dará idea la figura 669, con lo cual se consigue moverlos como se desea con la lentitud y la precisión convenientes.



Fig. 670.—Región de la constelación de los Gemelos observada á la simple vista.

A juzgar por lo que dejamos expuesto acerca de la amplificación de un anteojo astronómico, parece que ésta depende del ocular para un mismo instrumento, ó mejor dicho, para un mismo objetivo. Y en efecto, un mismo anteojo puede dar aumentos variables merced al empleo de diferentes oculares de focos más ó menos cortos. Así pues, teóricamente hablando, el poder óptico de un anteojo parece que debiera de ser ilimitado; pero, á decir verdad, depende de otros elementos de los que apuntaremos algo.

La calidad de un anteojo y su poder óptico dependen principalmente del objetivo. Ante todo es indispensable que la materia de que está compuesto sea todo lo pura posible y que los vidrios de las lentes no tengan burbujas ni estrías. La talla y el pulimento

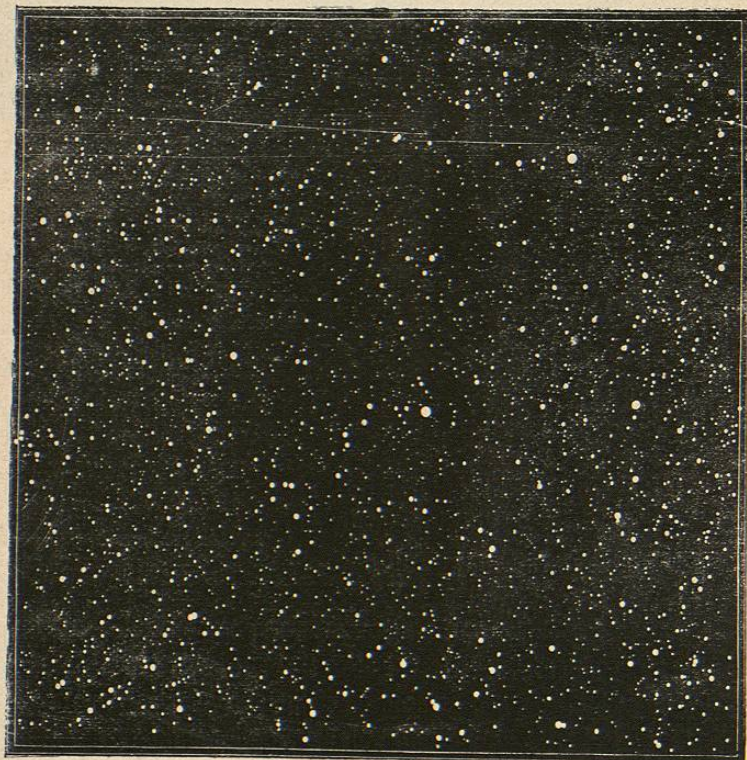


Fig. 671.—La misma región de la figura anterior observada con el telescopio

de la superficie son también condiciones importantísimas, pues de su perfección depende sobre todo la nitidez de la imagen real que el objetivo forma en su foco.

Reunidos estos requisitos, y á igualdad de perfección, el objetivo que dará mayor amplificación será aquel que tenga mayor diámetro y cuya distancia focal sea mayor también. En efecto, la claridad de la imagen virtual depende ante todo del brillo de la

imagen real, y por consiguiente de la cantidad de rayos luminosos que contribuyen á formar la segunda, cantidad que está en relación con el tamaño ó abertura del objetivo. Como la amplificación del ocular disemina los rayos por un espacio más grande, la ima-

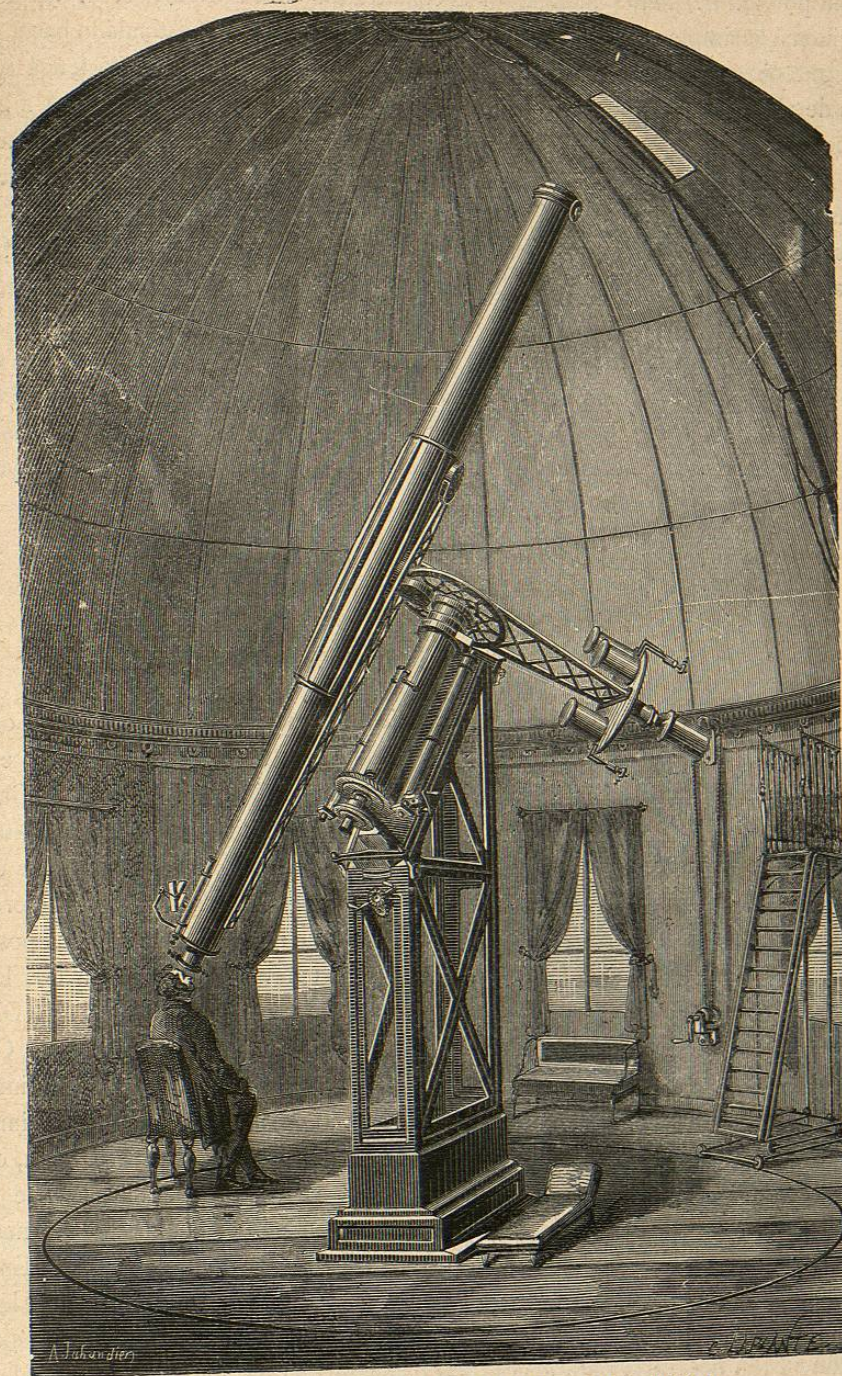


Fig. 672.—Gran anteojo ecuatorial del Observatorio de París

gen virtual resulta tanto más débil y contusa cuanto mayor sea dicha amplificación, á no ser que los rayos procedan de un punto luminoso de dimensión imperceptible y que brille con luz propia como las estrellas. En este último caso, la atenuación que dimana de la amplificación es nula, y el brillo aumenta en razón de los cuadrados de las aber-