

DESCRIPCION

de los aparatos de alumbrado empleados en los

FAROS.

(Continuacion.)

La figura 15 representa una de estas lentes | los r dios y las coordenadas de los centros de
compuestas, montada sobre el bastidor exterior | curvatura.
A B C D, y en la tabla siguiente est n calculados

TABLA de los elementos que componen una lente para un faro de primer órden, en milimetros.

NUM. de la zona	R�DIO de las bandas conc�ntricas.	R�DIO de curvatura.	COORDENADAS del centro de curvatura.	
			x	y
1	140,00	485,50	454,79	00,00
2	208,15	545,60	488,55	15,08
3	262,40	595,62	515,58	31,72
4	309,20	659,77	540,71	57,00
5	350,50	719,84	565,27	84,86
6	387,44	779,48	588,00	114,95
7	422,25	846,45	614,55	151,50
8	456,23	911,50	636,90	189,55
9	490,00	980,50	660,11	250,17
10	525,55	1057,70	685,41	280,60
11	555,55	1156,01	712,79	528,00

PRUEBAS DE LAS LENTES.

Para emplear las lentes en los aparatos, es preciso hacer ensayos y pruebas que nos manifiesten su buena ejecucion, lo cual se obtiene determinando la posicion del *foco conjugado* de tras de una lente, debido á una posicion dada de una lámpara colocada delante. Esta determinacion se funda en las consideraciones siguientes:

Por el punto O (figura 16) que representa un objeto situado de cualquier modo, respecto á la lente Qq, tiremos una recta OQ que vaya á dicha lente y desde su centro A una paralela AR, la cual cortar    la vertical que pasa por el foco principal en el punto R, unamos el punto R con el Q y prolonguemos esta linea hasta I; en

esta recta se encontrará la im gen del punto O. Del mismo modo tiremos otra recta   un punto q situado al otro lado del eje A F, por el punto A una paralela A r, y unamos el punto q con el r, en cuya linea se encontrará tambien el O; de consiguiente se hallar  en el punto de interseccion I de las dos rectas QR y q r. Este procedimiento nos servirá para hallar la distancia del foco conjugado de una lente (despreciando su espesor), por medio de los rayos que caen sobre su superficie bajo un ángulo cualquiera.

Si ahora tomamos el punto O en el eje de la lente (figura 17) tendremos

OA : AF :: AQ : FR :: AI : FI   reemplazando

$$AO = \delta, AF = \varphi, AI = \varphi'$$

nos resultará

$$\delta : \varphi :: \varphi' : \varphi' - \varphi \text{ de donde}$$

$$\delta \varphi' - \delta \varphi = \varphi \varphi'$$

expresion que liga la distancia focal principal y las distancias de un objeto y de su imagen á la lente.

De la expresion anterior se deduce

1.º $\varphi = \frac{\delta'}{\delta + \varphi'}$ Para la distancia focal principal de una lente, cuando sean dadas las posiciones de un objeto y de su imagen refractada.

2.º $\delta = \frac{\varphi'}{\varphi' - \varphi}$ Para la distancia del objeto cuando la de la imagen es conocida.

3.º $\varphi' = \frac{\delta \varphi}{\delta - \varphi}$ Para la posicion de la imagen cuando la del objeto es conocida.

Esta última ecuacion es la que se emplea para ensayar y probar las lentes, porque el valor de φ ó la posicion del foco principal es siempre conocida, mientras que δ puede variar entre ciertos limites. El procedimiento seguido generalmente es el siguiente:

En frente de la lente Qq (figura 18) y á la distancia de 50 metros. se coloca una lámpara ó bugia O ; en este caso $\delta = 50^m$, de consiguiente se puede calcular el valor de φ' que será AF' ; en seguida se coloca un trozo de papel trasparente detras de la lente, á la distancia próximamente que ha dado el cálculo para φ' y se mueve aproximándolo ó alejándolo de la lente, hasta obtener la imagen mas pequeña y mas brillante de la llama O . Esta imagen estará en el vértice comun de los conos convergentes y divergentes de los rayos luminosos, y aumentará ya sea que nos aproximemos ó nos alejemos de la lente, encontrándose este punto con facilidad, cuando se ha adquirido un poco de práctica. Se mide

con toda precision la distancia desde el centro A de la lente, hasta ese punto situado en la cara del papel trasparente, y comparada con el valor de φ' que ha dado el cálculo, nos indicará el grado de exactitud de la lente. Cuando la distancia medida es mayor que la calculada φ' , se reconoce que la lente es demasiado aplanada, que es lo que generalmente sucede en la construccion. Cuando φ' es mayor, entonces prueba que la lente tiene demasiada convexidad. Un

error de $\frac{1}{60}$ de la longitud φ' puede admitirse

en las lentes para los faros, M. Soleil (hoy M. Lepaute) las construye con un error menor

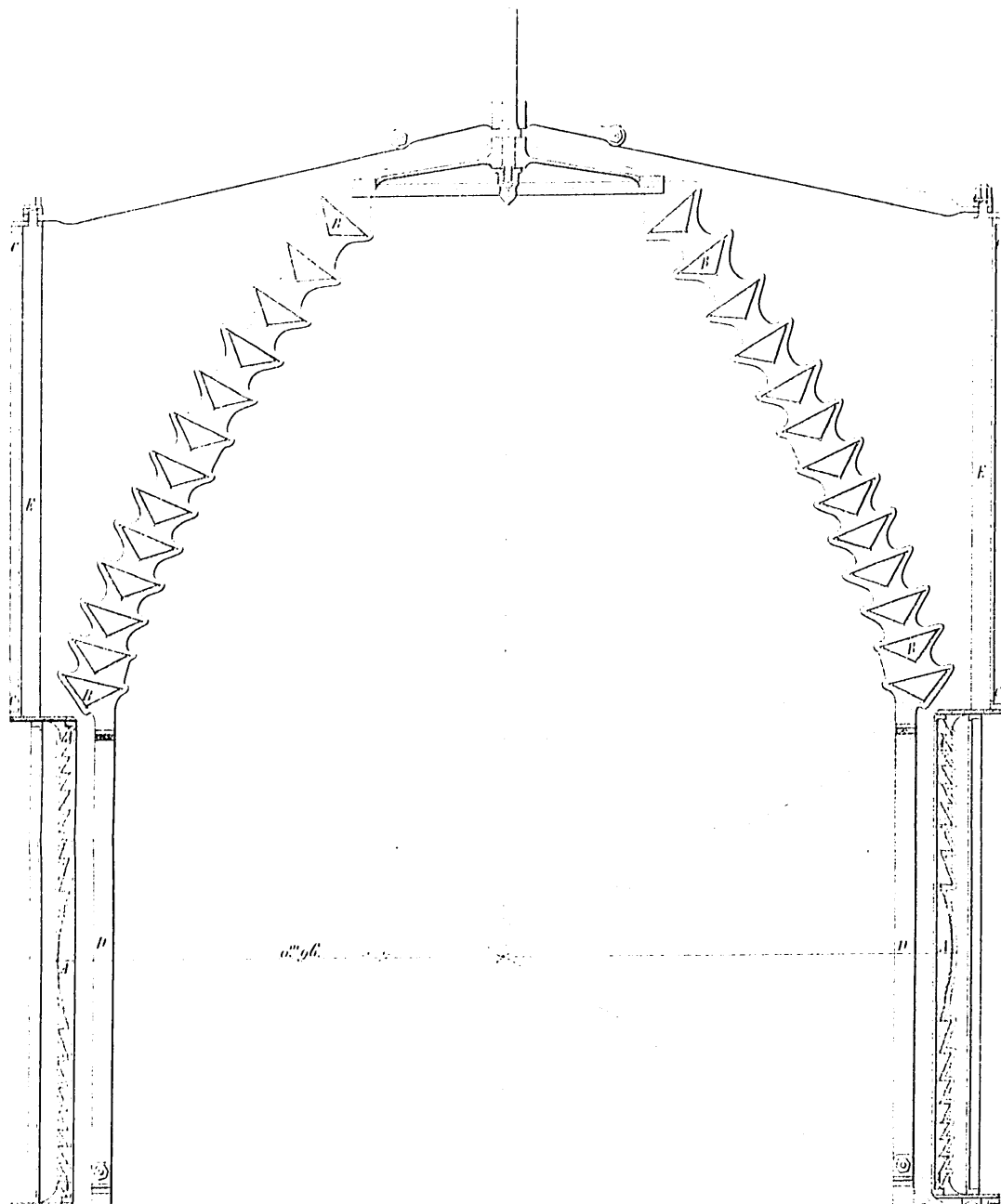
de $\frac{1}{80}$ de φ' . El modo de hacer el pulimento es la causa de estos defectos y muy pocas veces las lentes son demasiado aplanadas.

Conviene observar que no siendo la llama de una bugia ó de una lámpara un punto, sino que tiene dimensiones muy apreciables, produce una divergencia en los rayos refractados, puesto que no todos partirán del mismo foco, de tal manera que entre el diámetro de la llama y su distancia á la lente, debe haber una cierta relacion que se fijará por medio de la máxima divergencia que se pueda admitir, en los rayos refractados.

Supongamos que F (figura 19) sea el foco de una lente compuesta AB , Fa el radio de la llama, los rayos que parten del punto F tales como Fo , FA y FB se refractarán segun AM , OM y BM paralelamente al eje de la lente, pero los comprendidos entre el punto F y los $a'a'$, saldrán en los ángulos NAM , bob' y MBN produciendo una divergencia. El ángulo O será tanto mayor, cuanto mayor sea el radio de la llama, ó cuanto mas próxima se halle á la lente para un mismo diámetro. Vamos á encontrar la relacion que liga el ángulo de divergencia con el diámetro de la llama y la distancia focal. El ángulo de la máxima divergencia, será el formado en el centro de la lente ó el bob' , que es igual á $2aOF$, pero

$$\text{sen. } aOF = \frac{aF}{oF} = \frac{\text{radio de la llama.}}{\text{distancia focal.}}$$

PROYECTO DE UN PABILLÓN DE EXHIBICIÓN DE LA GUAYANA.

Escala de $\frac{1}{10}$ 

En los faros de primer orden y con un mechero de cuatro mechas concéntricas, el ángulo de la mayor divergencia *bob'* es de 5°—9'.

Para otro ángulo cualquiera tendremos

$$\text{sen. } mBF = \frac{mF}{BF} = \frac{\text{r\acute{a}dio de la llama.}}{\sqrt{Bo^2 + oF^2}}$$

Asi pues, se podr\acute{a} establecer una relacion conveniente, entre el r\acute{a}dio de la llama y su distancia \`{a} la lente, de manera que la divergencia de los rayos no pase de cierto l\acute{im}ite.

La forma plana que tienen las lentes compuestas, hace que la distancia del foco \`{a} los diferentes puntos sea variable; este efecto se corrige hallando una *distancia focal media*; en cuanto al poder \`{o} fuerza iluminativa de las lentes, se toma en la pr\`actica, el cuociente de la *superficie de las lentes por la de la llama*. El efecto de las grandes lentes, para distancias moderadas, se ha tomado de 5000 mechas de Argand, y 16 para el valor de la mayor llama

de un faro, de donde resulta $\frac{5000}{16}$ \`{o} 180 pr\`oximamente, para el aumento que producen la interposicion de una lente entre el foco luminoso y el observador. Las lentes mejor construidas han producido un efecto aun mas considerable.

Aplicacion de las lentes \`{a} los faros.

La aplicacion de las lentes \`{a} los faros tal como las acabamos de describir, es sumamente sencilla. Se colocan alrededor de una l\`ampara y al nivel de su plano focal, una s\`erie de lentes formando un prisma hueco de ocho caras; en esta disposicion siempre que una de estas caras cruce la l\`inea que une su eje y la llama de la l\`ampara, se presentar\`an haces brillantes de luz, cuyo brillo ir\`a aumentando hasta que la visual del observador, se confunda con la l\`inea indicada anteriormente, y suceder\`a una cosa an\`aloga \`{a} lo que se observa en los aparatos de reflectores, \`{a} medida que se presenta cada uno de estos en frente del observador, con la dife-

rencia de que en las lentes el brillo es de gran intensidad y corta duracion.

Cada lente ABCD (fig. 15), subtende una pir\`amide luminosa, cuyo v\`ertice es el foco y la base el bastidor ABCD. El \`{a}ngulo en el v\`ertice es de 46° pr\`oximamente, perdi\`endose de consiguiente todo el resto de luz, que r\`adia por la parte superior \`{e} inferior de el prisma octogonal.

Para interceptar la porcion superior de luz, se colocaron ocho peque\`nas lentes *aa* de 0<sup>m</sup>,50 de distancia focal, inclinadas interiormente h\`acia la l\`ampara (fig. 20), que tienen el mismo foco F y forman por su union, un tronco de pir\`amide hueco octogonal de 50° de inclinacion. La luz al caer sobre estas lentes las atraviesa, formando ocho haces divergentes hacia la parte superior; estos se reciben en ocho espejos planos *bb*, inclinados de tal modo que proyecten \`{o} reflejen horizontalmente, los rayos trasmitidos por las peque\`nas lentes, con lo cual se aumenta el efecto de la luz.

Al colocar estas lentes se desvian generalmente sus ejes ON, 7° \`{a} 8° de los ejes OM de las grandes lentes, con cuya disposicion los brillos de las lentes peque\`nas preceden \`{a} los de las otras, y tienden as\`i \`{a} corregir el defecto pr\`actico que antes indicamos, prolongando el per\`iodo de brillo. Los elementos de estas lentes auxiliares dependen de los mismos principios, y est\`an calculados por las mismas f\`ormulas, que se han espuesto para las grandes lentes. Su distancia focal de 0<sup>m</sup>,50 es como ya veremos, la de las grandes lentes de los faros de tercer \`{o}rden.

Con respecto \`{a} la luz que se pierde por la parte inferior, se adopt\`o el medio mas sencillo de dirigirlos \`{a} los diferentes puntos del horizonte, por medio de espejos curvos dispuestos por hiladas, y cuya inclinacion pudiera hacerse variable. Los espejos est\`an engendrados por porciones de par\`abolas, cuyos focos coinciden con la llama \`{o} luz comun del sistema. En la pr\`actica se sustituyen las superficies curvas engendradas por los arcos de los circulos osculadores, \`{a} los segmentos de las par\`abolas dadas. Los espejos son de cristal plano, azoga-

dos por detrás y dispuestos en un bastidor de latón.

También se han sustituido á las lentes superiores, otros espejos análogos á los inferiores completando así un aparato cuya parte central es dióptrica y la superior é inferior catóptricas.

Si en lugar de colocar ocho lentes rodeando á la lámpara, se aumenta su número, se llegaría á obtener un anillo poligonal compuesto de una serie de refractores *infinitamente pequeños*; esta continuidad de secciones verticales para refractar los rayos que parten del foco, solo en la dirección vertical, distribuye una zona de luz *igualmente brillante* en todo el horizonte.

Se comprende fácilmente que si se hace girar la sección A B (fig. 19) de una lente compuesta, alrededor de la línea vertical que pasa por su foco F, engendrará una superficie de revolución tal, que tendrá la propiedad de refractar una zona igualmente difusa de luz, rodeando todo el horizonte. La dificultad, sin embargo, de ejecutar estos aparatos era tan grande, que Fresnel lo sustituyó por un polígono, compuesto de lo que se ha llamado impropriamente lentes cilíndricas. Este polígono tiene suficiente número de lados, para que en el ángulo de dos de sus caras, suministre una luz muy poco inferior, á la que se produce en medio de ellas, y las hiladas de espejos curvos superior é inferior están dispuestas también de esta manera, para evitar la pérdida de luz en los ángulos, constituyendo así un aparato llamado de *luz fija*.

La desventaja de la forma poligonal proviene de la diferencia entre los radios de los círculos inscripto y circunscripto, lo que ocasiona una distribución desigual de luz, entre los ángulos y el centro de cada una de las caras, y este defecto solo puede evitarse construyendo la superficie *anular*, engendrada como se ha dicho anteriormente. Esta es, en efecto, la única forma que puede producir una repartición igual por todo el horizonte, de la luz incidente. Así pues, se construyó en 1856 por MM. Coockson de Newcastle un aparato completamente cilíndrico, para reemplazar el catóptrico de la isla May.

La pérdida de luz por reflexión en los espejos mas perfectos y la materia perecedera de que se compone su parte pulimentada, hizo que se estudiase la sustitución de prismas *totalmente reflejantes* á aquellos, en la parte superior é inferior de los aparatos, dándoles la disposición que se halla representada en BB, B'B' (lámina 112) de el corte ó sección de un faro de primer orden. Con la perseverancia de el constructor M. Soleil y bajo la dirección de Leonor Fresnel (*) se colocó en diciembre de 1845, un aparato completo de esta clase en el Real Observatorio de Paris, en el cual el efecto de iluminación de las zonas de la cúpula, se hallaba, respecto al producido por siete hiladas de espejos de primer orden, en la relación de 140 á 87.

Así un aparato de primer orden, de luz fija, está compuesto como se representa en la lám. 113 de un anillo central A de refractores, formando un cilindro hueco de 1^m,84 de diámetro y 1^m de altura; debajo seis hiladas de cristales triangulares en forma también cilíndrica, y por último encima una corona ó cúpula compuesta de trece zonas de cristal, formando todo una envolvente de la lámpara, cuya llama se halla colocada en el foco común del sistema.

Vamos pues ahora á esponer el trazado de las diferentes zonas y á determinar sus elementos, como se ha hecho para las lentes compuestas.

Fórmulas para determinar los elementos de las zonas catadióptricas.

Supongamos que ABC, A'B'C' (figura 21 Lámina 111*) represente la sección de dos zonas superiores del aparato que hemos descrito, y que F sea el foco, para que los rayos salgan en la dirección bP, b'P', es preciso que los rayos incidentes Fa, Fa' se refracten según aN, a'N', se reflejen en N y N', y se refracten por segunda vez al salir de los triángulos ABC, A'B'C'.

El problema que hay que resolver pues, es

(*) Hermano del inventor M. Agustin.

la determinacion de los elementos y de la posicion del triángulo ABC, de tal manera, que por su revolucion al rededor de un eje vertical que pase por el foco F, de un sistema de lentes anulares ó de refractores, engendre una zona, capaz de transmitir en una direccion horizontal por medio de la *reflexion total*, la luz incidente que cae sobre su lado interior BC, proveniente de una lámpara situada en un punto F. Las condiciones de la cuestion están basadas en la ley muy conocida de la reflexion total, que requiere que todos los rayos que vengan del foco F, al entrar en la superficie CB y ser refractados segun aN , en lugar de salir por la superficie AB, esperimenten una *reflexion total* Nb y pasen á la superficie AC, en donde al salir de ella la refraccion los haga tomar una direccion horizontal bP. Para la solucion de este problema, se conocen las posiciones del foco F y del vértice C de el triángulo generador de la zona, la longitud de los lados BC ó CA y el indice de refraccion del cristal.

La forma de la zona deberá disponerse de manera que satisfaga á las condiciones siguientes:

1.^a El rayo extremo FB debe experimentar refraccion y reflexion en B, pasar á C donde refractándose por segunda vez, salga en la direccion horizontal CQ.

2.^a Cada rayo intermedio cayendo sobre BC en un punto cualquiera a , debe experimentar despues de la refraccion aN una reflexion segun Nb y salir, despues de una segunda refraccion, en la direccion horizontal bP.

3.^a El otro rayo extremo FC, debe ser refractado en C y pasar á A, en este punto ser reflejado, y refractado por segunda vez para seguir la direccion AO.

Las direcciones de los dos rayos extremos deben por consiguiente trazar la posicion del triángulo generador. Observaremos ademas que siendo los ángulos FCA y QCB debidos únicamente á la refraccion en el punto C, serán iguales, por lo cual restándoles la parte comun ACB quedará

$$ACQ = BCF.$$

Hemos empezado naturalmente por la consideracion del primer rayo FC, cuya direccion siendo conocida, dará la de los dos lados refractantes BC y AC, quedando solo que determinar la del lado reflejante AB, pasemos pues á determinar las posiciones de aquellos lados, conociendo la direccion de FC y el indice de refraccion del crown-glass que es la sustancia empleada.

Como se conoce la relacion que existe entre el ángulo de incidencia y el de refraccion (que es el indice de refraccion), podriamos determinar aproximadamente las posiciones de los lados BC y AC por medio de tanteos sucesivos, para lo cual procederiamos en sentido inverso del que hemos indicado, es decir partiendo de las direcciones de los rayos horizontales QC, OA y viniendo á parar así á la direccion del rayo CF y de consiguiente al foco, en lugar de partir de la posicion dada y fija de este punto F. Este método no es satisfactorio como determinacion final, pero sirve sin embargo para dar una idea aproximada, que es muy conveniente en muchas ocasiones para llegar al resultado verdadero.

Refiriéndonos á la misma figura anterior, por el punto C, tiremos la vertical CE, la recta CL perpendicular al lado CB, la CD bisectriz del ángulo FCQ y por último prolonguemos el lado AC hasta el punto M.

En este caso, es claro que si conociésemos el ángulo MCF, que la prolongacion del lado AC forma con el rayo CF cuya posicion es conocida y ademas el ángulo LCM que la perpendicular CL al otro lado CB, forma con la recta CM, tendriamos conocida la posicion de ambos lados; determinaremos pues, estos dos ángulos, para lo cual adoptaremos las siguientes denominaciones.

$$\alpha = DCF$$

$$\delta = LCF = \text{ángulo de incidencia del punto C} = 90^\circ - FCB$$

$$\gamma = LCM = \text{ángulo de refraccion}$$

$$\delta = ECF = QCF - 90^\circ = 2\alpha - 90^\circ$$

$$i = \text{indice de refraccion del crown-glass.}$$

De la definicion del indice de refraccion se deduce que

$$i = \frac{\text{sen. } \delta}{\text{sen. } \gamma}$$

pero $\gamma = 2\delta - \delta$ (*) luego

$$i = \frac{\text{sen. } \delta}{\text{sen. } (2\delta - \delta)}$$

de donde

$$\begin{aligned}\text{sen } \delta &= i \text{ sen. } (2\delta - \delta) \\ &= i \text{ sen. } 2\delta \cos. \delta - i \text{ sen. } \delta \cos. 2\delta \\ &= i 2 \text{ sen. } \delta \cos. \delta \cos. \delta - i \text{ sen. } \delta (1 - 2 \text{ sen.}^2 \delta)\end{aligned}$$

ó

$$i \text{ sen. } \delta + \text{sen. } \delta - 2 i \text{ sen. } \delta \text{ sen.}^2 \delta = 2 i \text{ sen. } \delta \cos. \delta \cos. \delta$$

elevando al cuadrado ambos miembros resultará

$$\begin{aligned}i^2 \text{ sen.}^2 \delta + \text{sen.}^2 \delta + 4 i^2 \text{ sen.}^2 \delta \text{ sen.}^4 \delta + 2 i \text{ sen. } \delta \text{ sen. } \delta - \\ 4 i \text{ sen. } \delta \text{ sen.}^3 \delta - 4 i^2 \text{ sen.}^2 \delta \text{ sen.}^2 \delta = 4 i^2 \text{ sen.}^2 \delta \cos. \delta \cos. \delta \\ (1 - \text{sen.}^2 \delta)\end{aligned}$$

reduciendo y pasando todos los términos al primer miembro

$$i^2 \text{ sen.}^2 \delta + 2 i \text{ sen. } \delta \text{ sen. } \delta + (1 - 4 i^2) \text{ sen.}^2 \delta - 4 i \text{ sen. } \delta \text{ sen.}^3 \delta + 4 i^2 \text{ sen.}^4 \delta = 0$$

dividiendo por $4 i^2$ y ordenando con arreglo á las potencias de $\text{sen. } \delta$, nos quedará por último.

$$\begin{aligned}\text{sen.}^4 \delta - \frac{1}{i} \text{ sen. } \delta \text{ sen.}^3 \delta + \left(\frac{1}{4 i^2} - 1\right) \text{ sen.}^2 \delta \\ + \frac{1}{2 i} \text{ sen. } \delta \text{ sen. } \delta + \frac{1}{4} \text{ sen.}^2 \delta = 0.\end{aligned}$$

La resolución de esta ecuación de cuarto grado es generalmente difícil; pero como en este caso la raíz que satisface á la cuestión de óptica, es el seno de un ángulo comprendido entre cero y la unidad, y por otra parte el método que indicamos anteriormente da el medio de obtener un valor aproximado de δ que se acerque al verdadero, la resolución es

(*) Observemos que la recta CD bisectriz del ángulo QCF, también lo es de ACB, puesto que ya hemos visto que ACQ = BCF.

Pero

$$\begin{aligned}ACc = LCM = \gamma = ACB - cCB = 2ACN - 90^\circ \\ = 2DCM - 90^\circ = 2(\alpha - \delta + \gamma) - 90^\circ\end{aligned}$$

de donde

$$\gamma = 2\delta - (2\alpha - 90^\circ) = 2\delta - \delta.$$

mas sencilla. Sin embargo, la sustitución sucesiva de los valores numéricos en la ecuación, está espuesta á errores y las operaciones aritméticas son muy pesadas, por lo que es preferible el método siguiente de aproximación.

Si en la ecuación $\text{sen. } \delta - i \text{ sen. } (2\delta - \delta) = 0$ (1) sustituimos en vez de δ un valor aproximado nada mas, el segundo miembro no se reducirá á cero, sino á una cierta cantidad que podremos llamar e y que representará el error cometido; así pues tendremos

$$\text{sen. } \delta - i \text{ sen. } (2\delta - \delta) = e$$

diferenciando esta expresión con respecto á las variables δ y e

$$d. \delta = \frac{d. e}{\cos. \delta - 2 i \cos. (2\delta - \delta)}$$

Pero cuando δ se convierte en $\delta + d. \delta$, e también se convierte en $e + d. e$, pero $e + d. e = 0$ de donde

$$d. e = -e$$

de consiguiente

$$\begin{aligned}d. \delta &= \frac{-e}{\cos. \delta - 2 i \cos. (2\delta - \delta)} = \\ &= \frac{-\text{sen. } \delta + i \text{ sen. } (2\delta - \delta)}{\cos. \delta - 2 i \cos. (2\delta - \delta)}\end{aligned}$$

Sustituyendo en esta expresión los valores conocidos de i y δ y el valor aproximado de δ , nos dará la corrección $d. \delta$ que deberemos hacer experimentar á δ , este nuevo valor de δ le introduciremos en la ecuación (1) que nos dará un error e' , menor que el anterior e ; y continuaremos así hasta obtener para δ , un valor tan aproximado como se quiera. Cuando se emplea una llama grande como la de las lámparas de primer orden, con un poco de práctica se encuentra pronto un valor de δ muy próximo al verdadero. Este método es el que se ha seguido para calcular las tablas siguientes, en las que se han obtenido los ángulos con exactitud hasta segundos.

Conocido el ángulo ϵ queda determinada la posición de el triángulo generador ABC, pues

$$ACB = 90^\circ + \gamma = 90^\circ + 2\epsilon - \epsilon.$$

Pasemos ya á determinar la figura del lado reflejante AB, (fig. 21) que es de la mayor importancia, pues un error cometido en la inclinación de cualquier elemento de su superficie, se duplica en la dirección resultante de los rayos reflejados. Para esto observaremos, que si el lado AB fuese rectilíneo, los rayos paralelos que vienen en la dirección horizontal Pb se reflejarán y saldrán en direcciones paralelas que no concurrirán al punto F, lo que es una condición indispensable del problema, es pues necesario que los rayos vayan convergiendo hacia dicho punto F al salir por la cara BC, lo cual exige desde luego que esta sea menor que la AC, y en una cantidad que estará determinada por el punto B que corresponde á la inclinación que ha de tener el rayo extremo BF para concurrir al punto F; y la línea que une A con B deberá ser una curva, cuyos elementos ó las tangentes de sus diferentes puntos, estén inclinadas la cantidad suficiente para llenar el objeto propuesto. Vamos pues á determinar las tangentes á la curva en los puntos extremos; para la primera tangente AE (fig. 22) observaremos que según lo que nos propusimos (pág. 29), el rayo extremo FC se refracta en el punto C, siguiendo la dirección CA, en el punto A se refleja y se refracta por segunda vez para seguir la dirección horizontal AM; ahora bien los rayos reflejados según Nb (figura 21) van inclinándose sucesivamente, hasta que al llegar á el punto A tienen una inclinación paralela al lado CB, de manera que tirando por dicho punto una recta AA' (fig. 22) paralela á CB, nos dará la dirección del rayo reflejado sobre la cara AB en el punto A, que después experimenta la segunda refracción como hemos indicado para tomar la dirección horizontal AM. Como el rayo incidente CA y el reflejado AA', deben formar ángulos iguales con el primer elemento A de la curva AB ó sea de la tangente AE, dividiendo en dos partes iguales el ángulo CAA', tendremos la normal AO y

su perpendicular AE será la tangente á la curva en el punto A.

La determinación rigurosa de la segunda tangente BE es muy difícil, por lo cual Fresnel ha empleado dos procedimientos sencillos para encontrar el punto B; de los cuales el más aplicable á la práctica, consiste en hacer hipótesis sucesivas, para determinar la longitud del lado CB (fig. 24) y trazar la dirección del rayo incidente FB.

Este rayo FB siendo refractado en B, formará con la normal BE á la superficie BC el ángulo de incidencia $EBF = x'$, y el rayo refractado BD el ángulo de refracción DBE que llamaremos y' ; en seguida se refleja en la dirección BC, por consiguiente si suponemos que MB sea la tangente á la superficie AB en el punto B, los ángulos CBM y DBS formados por los rayos incidente y reflejado DB y BC con la superficie, en B, deberán ser iguales. Del mismo modo el rayo incidente FC, se refractará en el punto C siguiendo la dirección CA ó CG y formará con la normal CH un ángulo $GCH = y$, y el ángulo de incidencia será $FCH = x$; pero el ángulo BFC formado por los rayos incidentes es

$$BFC = x - x' \quad (1)$$

de consiguiente conociendo x hallaremos fácilmente un valor de x' correspondiente á la longitud BC, y el ángulo de refracción estará dado por la expresión

$$\text{sen. } y' = \frac{\text{sen. } x'}{i} \quad (2)$$

Si el punto B fuese el verdadero, el rayo FB después de refractarse según BD, se reflejaría en la dirección del lado BC, entonces $CBM = DBS = \alpha$ y el ángulo recto

$$LBS = \alpha + y' + LBE = 2\alpha + y' = 90^\circ$$

aquí se conocerá y' por la expresión (2) y α lo será también porque

$$\begin{aligned} \alpha &= CBA + ABM = CBA + MAB = CBA + (MAC - BAC) = \\ &= CBA + \frac{1}{2} (180^\circ - ACB) - BAC. \quad (3) \end{aligned}$$

Así pues se empezará por tomar un punto cualquiera B, tirar la línea FB y conociendo el ángulo x y el BFC por medio de la expresión (1) hallar x' , este valor sustituido en la ecuación (2) dará y' y además por la ecuación (5) hallar x ; en seguida ver si estos valores de x y de y' satisfacen á la condicion

$$90^\circ - 2x - y' = 0$$

sino, repetir los tanteos hasta conseguirlo, pues como hemos visto hay que llenar esta condicion para que el punto B sea el conveniente.

Conocida la posicion de las tangentes á la curva AB, ya se podrá trazar este arco de circulo, para lo cual tendremos que determinar el valor del radio $AO = BO$ (fig. 22) y la posicion del centro O. El ángulo O será conocido, pues es el mismo que forman las tangentes AE y BE, de consiguiente tendremos, llamando δ al radio

$$AO = BO = \delta = \frac{AB \cdot \sin. \left(90^\circ - \frac{1}{2} O \right)}{\sin. O}$$

$$\delta = \frac{AB \cdot \cos. \frac{1}{2} O}{2 \cdot \sin. \frac{1}{2} O \cdot \cos. \frac{1}{2} O} = \frac{1}{2} AB \cdot \operatorname{cosec} \frac{1}{2} O.$$

Por último para determinar las coordenadas del centro de curvatura O, de los arcos reflectantes, referidas á los ejes que pasan por los puntos A y O tenemos

$$OD = \delta \cdot \sin. OAD.$$

$$DA = \delta \cdot \cos. OAD.$$

El ángulo OAD es conocido puesto que es igual á $90^\circ - \left(MAA' + \frac{1}{2} A'AC \right)$

La posicion de los vértices A y B con relacion al foco se pueden determinar tambien con facilidad, puesto que en la figura 25 tendremos

$$\begin{aligned} y' y'' &= AC \cdot \sin. ACC' & y y' &= BC \cdot \sin. BC y' \\ x' x'' &= AC \cdot \cos. ACC' & x x' &= BC \cdot \cos. BC y' \end{aligned}$$

A. MAYO.

(Se continuará.)

PUENTE SOBRE EL VISTULA.

Una comision, compuesta de Ingenieros eminentes, delegada por los dos estados ribereños del Elba, ha declarado posible la construccion de un puente sobre este rio, para el paso del camino de hierro de Harbourg á Hamburgo.

La importancia de esta obra gigantesca puede apreciarse, recordando que el puente del Rhin, entre Colonia y Deutz, que es el mayor que existe en Alemania, tiene 1,800 pies de longitud, al paso que los dos puentes del Elba, cortados por una isla medirán 3,500. No podrá abrirse este puente para dar paso á los buques, pero se elevará bastante sobre el nivel del rio, para que estos pasen por debajo con sus mástiles ó chimeneas desmontadas; los barcos que no puedan hacer esto, continuarán su marcha por canales. Cualquiera otra solucion presentaría graves obstáculos, por el considerable número de trenes que han de pasar diariamente por el puente.

En este ramo del arte del ingeniero se han hecho en los últimos años grandes adelantos y se han generalizado las obras de esta clase.

Además del puente del Rhin, que acabamos de citar y cuya inauguracion se verificó en octubre último, se ha construido otro paso sobre el mismo rio, en Kehl y se trata de otra obra análoga para atravesar el Rhin, en Dusseldorf.

Por último, daremos algunos detalles sobre el puente fijo que va á construirse en Varsovia, sobre el Vistula, por M. M. Ernesto Gouin y Compañía.

El Vistula, con un ancho de 500 metros, corre sobre un lecho profundo de arena, fácilmente removido en las crecidas y hay por consiguiente que bajar con la cimentacion á una gran profundidad. El número de apoyos ha debido disminuirse, para oponer el menor obstáculo posible al paso de los témpanos de hielo, que cruzan por aquel punto con gran velocidad.

Cada una de las cinco pilas del puente de Varsovia descansará sobre dos tubos de fundicion, de 5,50 metros de diámetro y de otros de 3 metros de diámetro, introducidos en el terreno hasta una profundidad de 19 metros debajo del nivel de aguas bajas. Estos tubos huecos se rellenarán con hormigon y mamposteria de piedras pequeñas y soportarán por medio de viguetas de fundicion las pilas

FAROS

Descripcion de los aparatos de alumbrado.

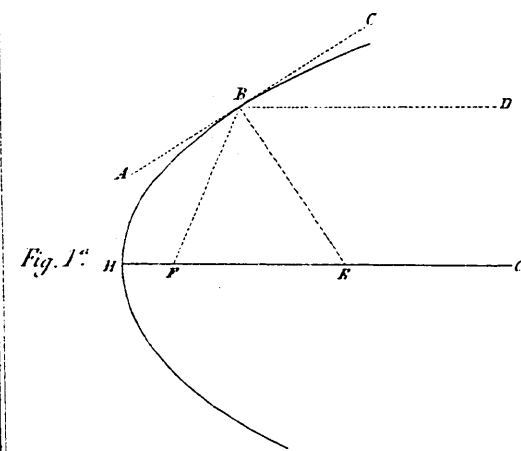


Fig. 1.

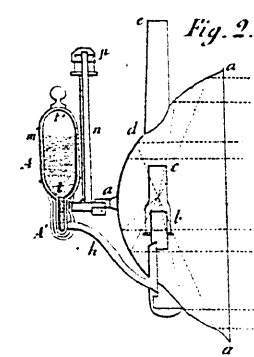


Fig. 2.

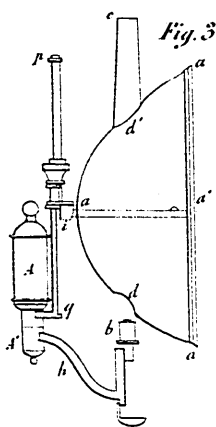


Fig. 3.

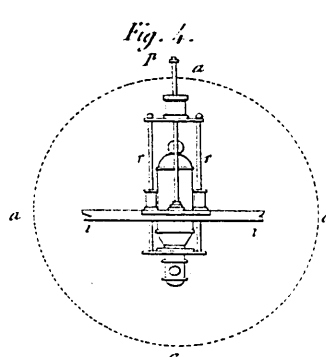


Fig. 4.

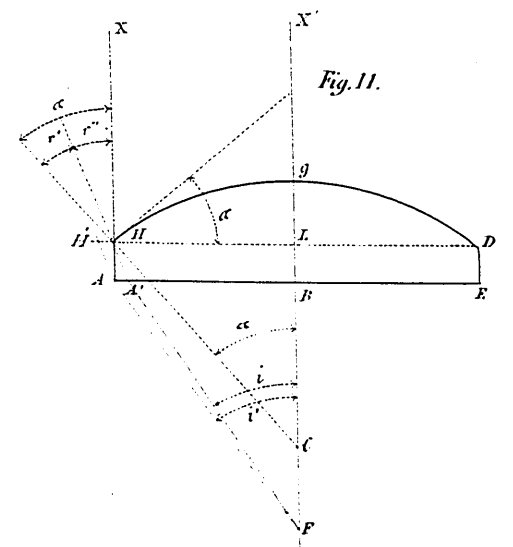


Fig. 11.

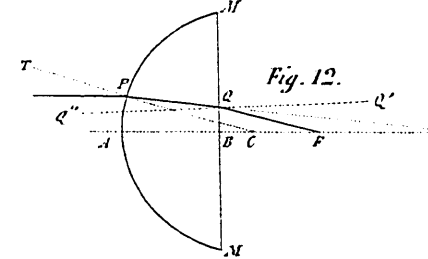


Fig. 12.

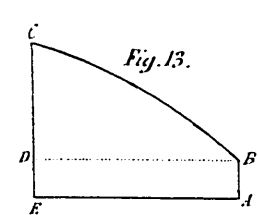


Fig. 13.

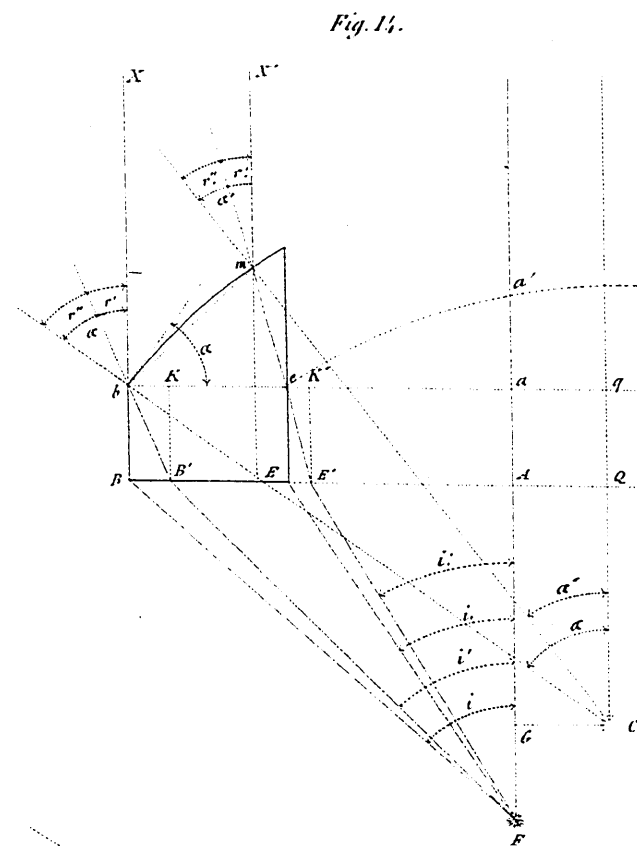


Fig. 14.

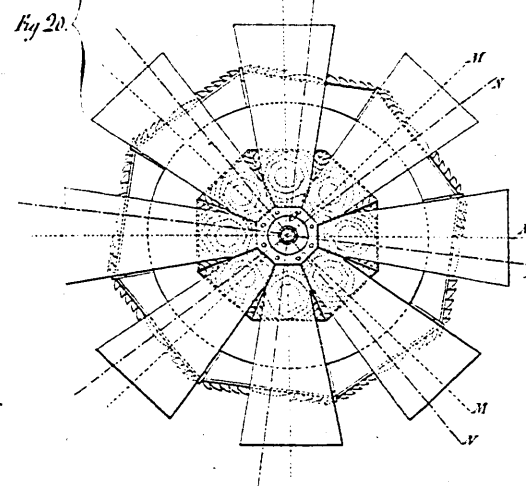
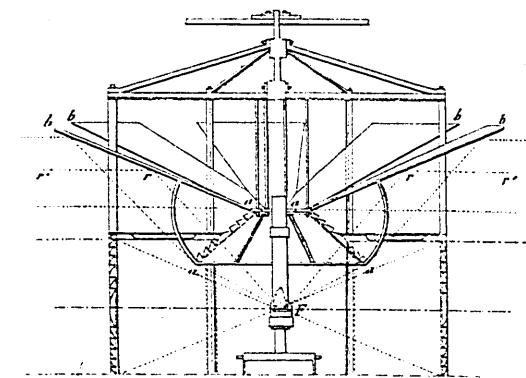


Fig. 20.

Aparato de eclipses

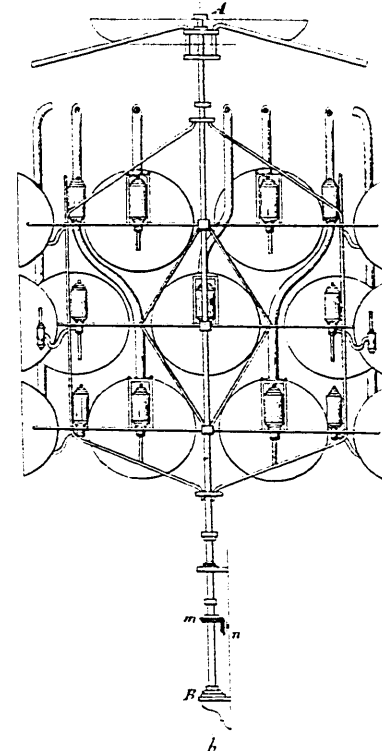


Fig. 8.

Aparato de luz fija

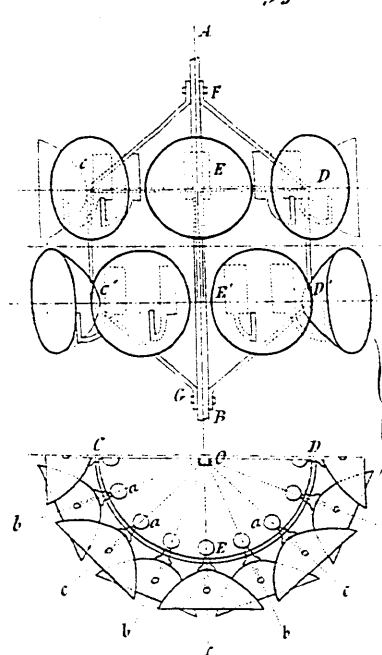


Fig. 6.

Fig. 7.

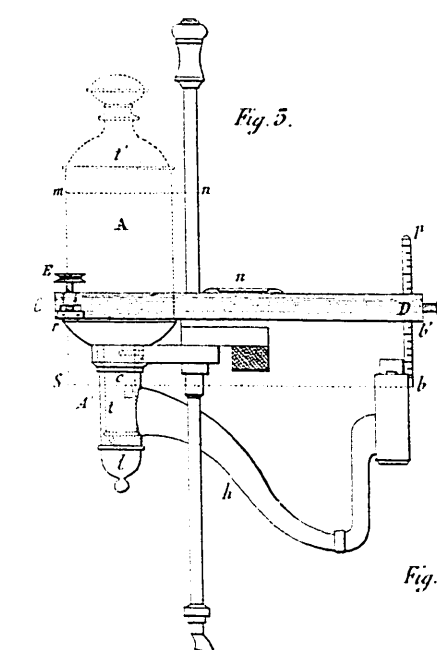
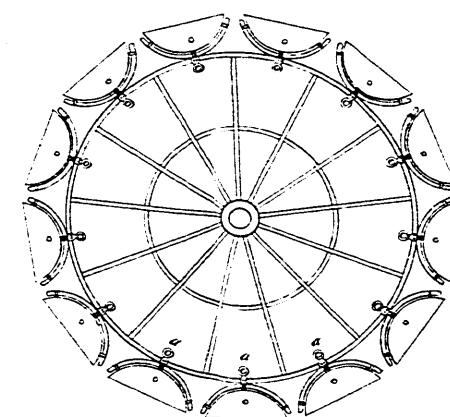


Fig. 5.

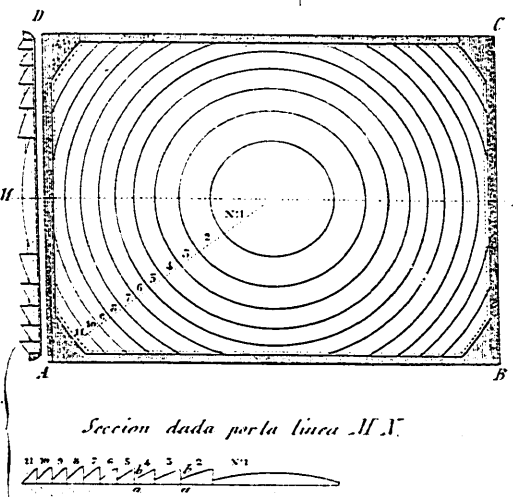


Fig. 15.

Seccion dada por la linea M N

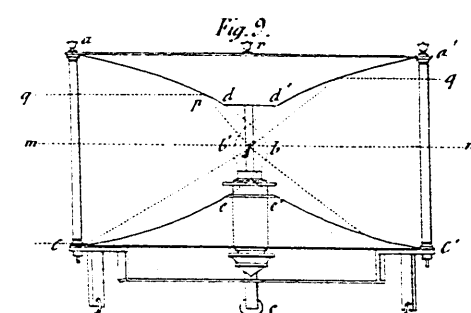


Fig. 9.

Fig. 10.

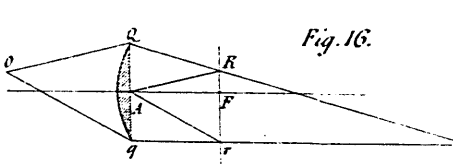
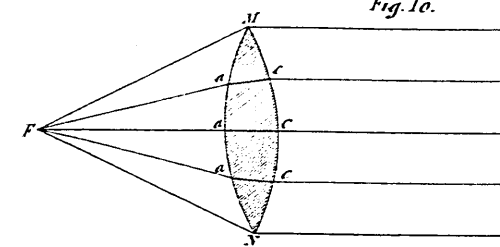


Fig. 16.

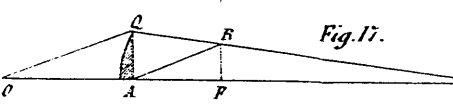


Fig. 17.

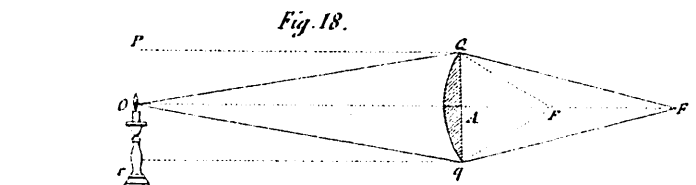


Fig. 18.

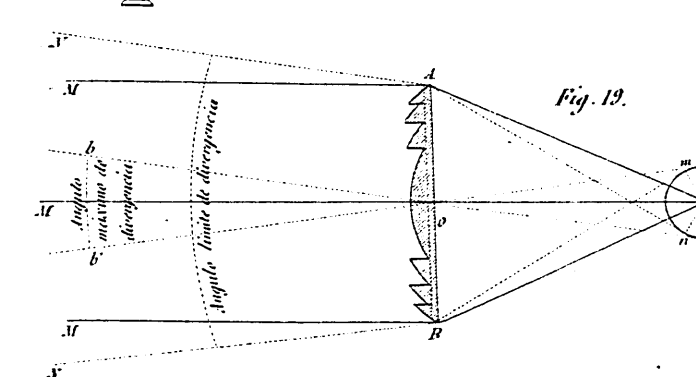


Fig. 19.

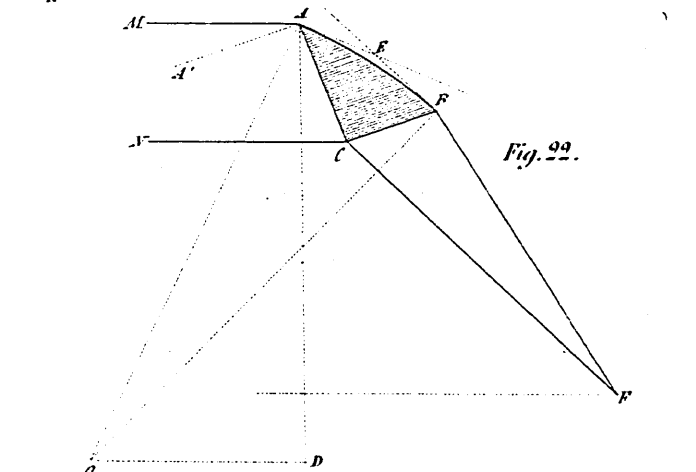


Fig. 22.

Fig. 23.

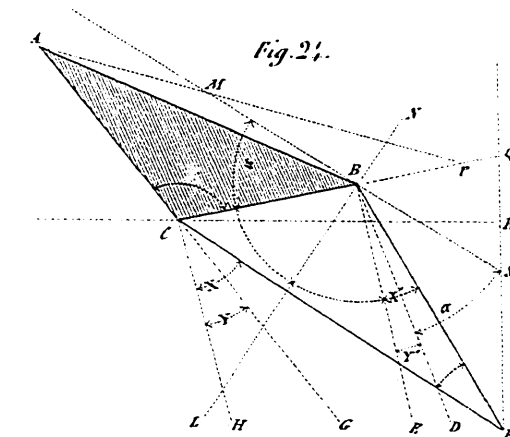
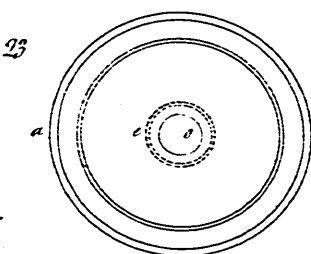


Fig. 24.

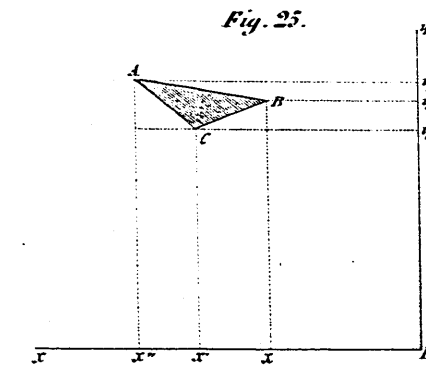


Fig. 25.

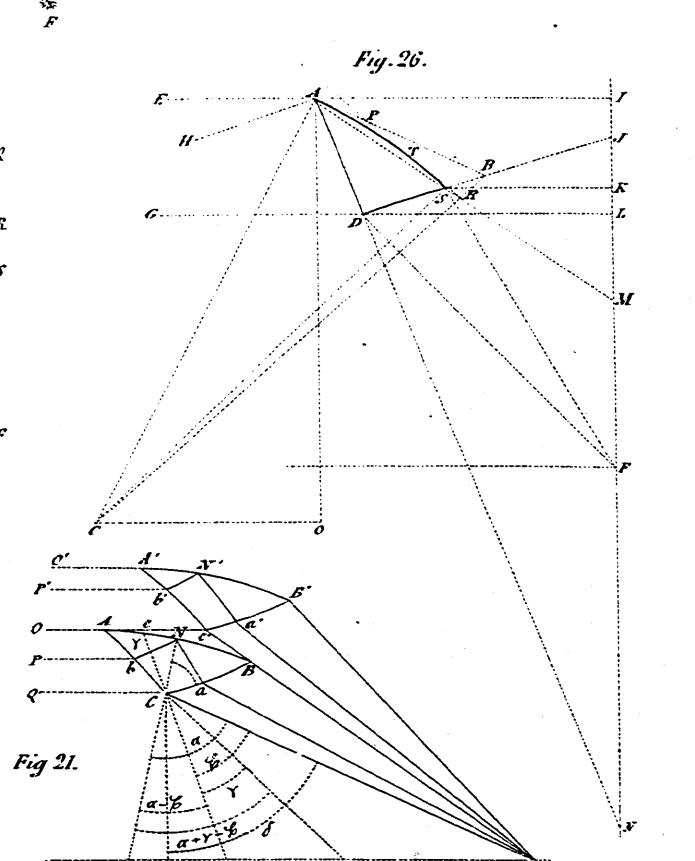


Fig. 26.

Fig. 21.

FARO CATADIÓPTRICO DE 1.^R ORDEN CON DESTELLOS.

