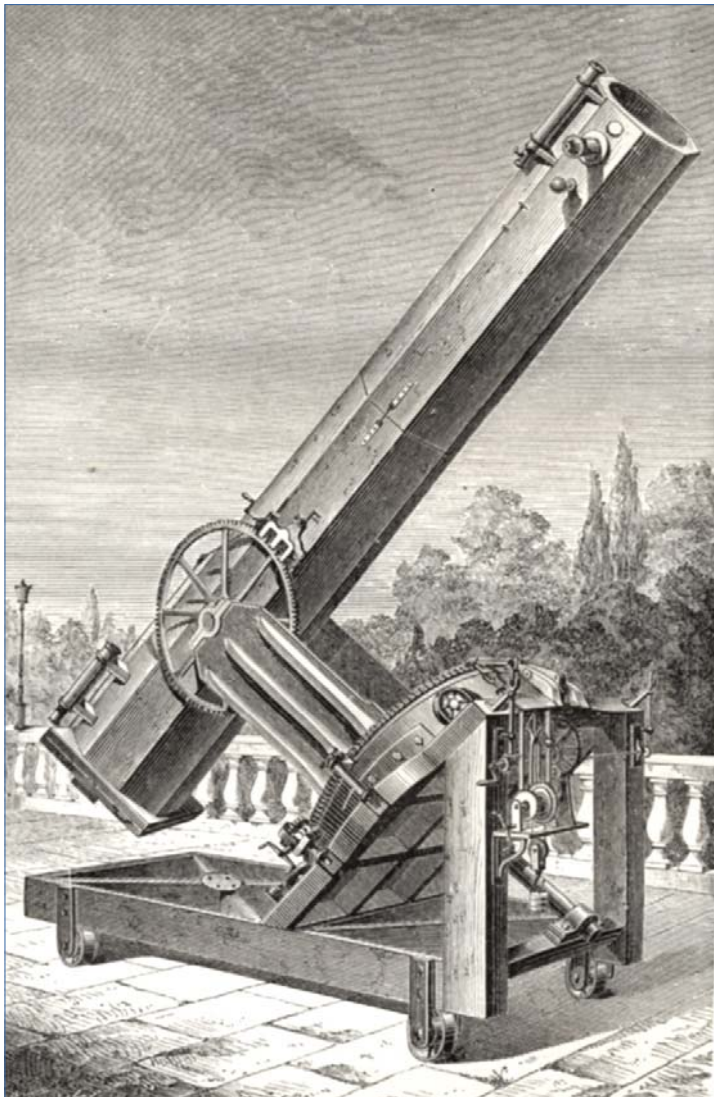
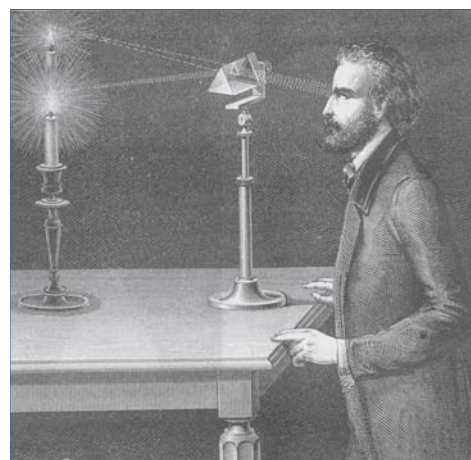
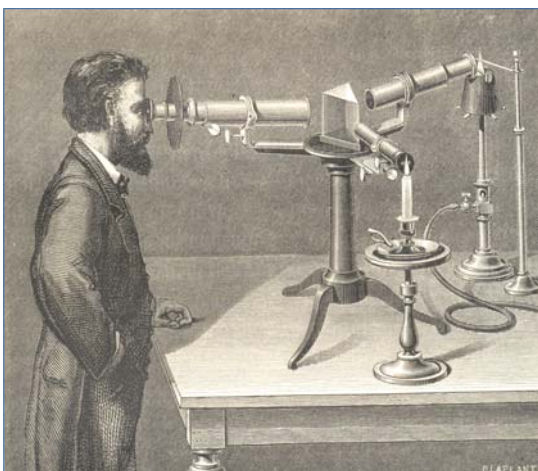


# 5

# ÓPTICA



Telescopio de Foucault



Observación espectroscópica de un sólido metálico    Imágenes de los objetos vistos a través de los prismas

# ÓPTICA

La **Óptica** es la parte de la física que estudia la luz y los fenómenos relacionados con ésta. Algunos de ellos son descritos sobre la base de conceptos de geometría, como la propagación de la luz, la reflexión y la refracción; otros pueden ser explicados solamente mediante el lenguaje de la propagación de las ondas: entre éstos se incluyen los fenómenos de interferencia, difracción y polarización. Por ello se acostumbra a dividir la óptica en *geométrica* y *física*.

Las ideas que sobre la naturaleza de la luz tenían los filósofos griegos y árabes de la Antigüedad fueron expresadas por primera vez por *Descartes*, en 1637, en su tratado de *Dióptrica*. Supone que los cuerpos luminosos lanzan en todas direcciones gran número de partículas pequeñas muy veloces, las cuales se mueven en línea recta mientras no encuentran un obstáculo. Descartes explicó la reflexión y sus leyes basándose en el choque de cuerpos elásticos; sin embargo, admitía que los cuerpos refringentes ejercen sobre las partículas de luz una atracción que hace aumentar la componente de la velocidad normal a la superficie; de tal modo explicó además la ley de la refracción.

La teoría corpuscular fue sostenida también por *Newton*, el cual añadió algunas hipótesis suplementarias, que complicaban la teoría, para explicar los nuevos fenómenos por él descubiertos de la dispersión y de la coloración de las láminas delgadas.

A mediados del siglo XVII, *F. M. Grimaldi* descubre el fenómeno de la difracción. Este fenómeno es debido a las interferencias producidas cuando un haz luminoso pasa a través de ranuras o alrededor de objetos. De ello da cuenta *Ch. Huygens* en 1690, en su “*Traité de la Luminère*”. Este físico holandés creía que todo el espacio se encontraba lleno de un medio elástico (el *éter*) que gozaba de particulares propiedades: podía penetrar a través de la materia y estar presente después de funcionar la máquina neumática; estaba constituido por minúsculas partículas elásticas en contacto entre sí y en continuo movimiento.

Más tarde, la teoría de Huygens fue modificada por *Jean Bermouilli* y *Euler*, de este modo se explicaban los fenómenos de reflexión, refracción, interferencia y difracción, pero no los de polarización. Esta dificultad fue superada por *Fresnel*, quien conservó la hipótesis de Huygens de que las oscilaciones se efectuaban en un medio elástico, pero supuso que eran transversales, o sea que a lo largo de un rayo de luz las partículas de éter oscilan en dirección perpendicular al rayo. Según esta hipótesis, la luz natural se explica admitiendo que en ella las oscilaciones se suceden unas en un plano y otras en otro, de modo que el plano de polarización cambia continuamente.

El estudio de los fenómenos electromagnéticos los amplía *Maxwell* (1864) y piensa que la luz era un fenómeno de este tipo. Los experimentos de *Hertz* (1888) demostraron que las ondas electromagnéticas tienen las mismas propiedades que las luminosas y confirmaban las hipótesis de Maxwell.

La teoría cuántica de la luz se desarrolló sobre la base de los trabajos de *Planck* (1900), los cuales mostraron cómo, además de las propiedades ondulatorias, en determinadas circunstancias la luz tenía también propiedades de tipo corpuscular. Esta dualidad onda-corpúsculo es el aspecto predominante de la física moderna.

# ÓPTICA GEOMÉTRICA

La luz que llega a nuestros ojos puede provenir de focos luminosos o de cuerpos iluminados que reflejan hacia el observador una parte de la luz que reciben.

Los **cuerpos luminosos** emiten radiaciones que pueden impresionar nuestro sentido de la vista. Pueden ser *naturales* o *artificiales*; de los naturales el más importante es el Sol; los artificiales son aquellos de suficiente temperatura, como los incandescentes o los que transforman en luz otras energías.

Los **cuerpos iluminados** no producen radiaciones, pero al recibirlas de las fuentes luminosas las reflejan y nos llegan indirectamente.

Respecto a la luz incidente, los cuerpos se pueden dividir en *opacos* y *transparentes*.

Los **cuerpos opacos** impiden el paso de la luz por completo. Absorben la mayor parte de la radiación luminosa, y esa absorción varía con la frecuencia de la radiación misma. Existen algunos cuerpos, llamados *negros*, que absorben toda la luz que reciben.

Los **cuerpos transparentes** son los que permiten el paso de la luz. Pueden ser *diáfanos*, que permiten ver los objetos a través de ellos y *traslúcidos* que no dejan ver los objetos que se encuentran detrás. En rigor, no hay cuerpos absolutamente opacos ni diáfanos, porque esta cualidad depende de su espesor.

Cuatro son las *leyes* que rigen el desarrollo *de la óptica geométrica*:

## 1ª.- La luz se propaga en línea recta.

La noción de *propagación rectilínea de la luz* a través del espacio es tan común que puede parecer intuitiva y proviene de la experiencia cotidiana., la cual prueba que, si sobre el segmento de recta que une el ojo con un punto de un objeto se interpone un cuerpo opaco, se impide la visión de aquel punto. La consecuencia inmediata de la propagación rectilínea de la luz es la existencia de *sombras* y *penumbras*.

## 2ª.- Las diversas partes de un haz luminoso son independientes entre sí.

En el estudio de la óptica geométrica se tendrá siempre en cuenta el *principio de independencia de los rayos luminosos* por el cual si un haz de luz se cruza en su recorrido con otro haz, el primero no es obstaculizado, desviado, ni influido por el segundo. Superada la zona de intersección, las propiedades de los dos haces permanecen inalteradas.

## 3ª.- Ley de la reflexión.

Cuando un rayo luminoso llega a la superficie de separación de los medios homogéneos (rayo incidente), se divide en otros dos, uno de los cuales vuelve al primer medio (rayo reflejado), manteniéndose en el plano determinado por el incidente y la perpendicular (normal) a la superficie de separación en el punto de incidencia y formando además con la perpendicular un *ángulo de reflexión* que es igual al de *incidencia* .

## 4ª.- Ley de la refracción.

El rayo incidente, al llegar a la superficie de separación, además de dar origen al rayo reflejado, origina el *rayo refractado*, el cual se mantiene en el mismo plano de incidencia y forma con la normal un ángulo , que cumple la condición:  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$  donde  $n$  es una constante que depende del par de medios en que se propaga el rayo luminoso.

## FOCOS LUMINOSOS

Un cuerpo luminoso es todo objeto que emite luz o produce luz. Cuando se estudia la óptica geométrica, hay que referirse a los focos luminosos. Para cualquier experiencia necesitaremos un haz de rayos que tendremos que obtener de alguna manera.

En los laboratorios existen muchos tipos de focos luminosos; desde velas, a la antigua usanza; arcos voltaicos; focos eléctricos; láser, etc.



Nº inv.: 05 / 136  
 Nº de ejemplares: 2  
 Fecha desconocida  
 Fabricante: Phywe  
 Metal y vidrio  
 23 x 15 x 21 cm



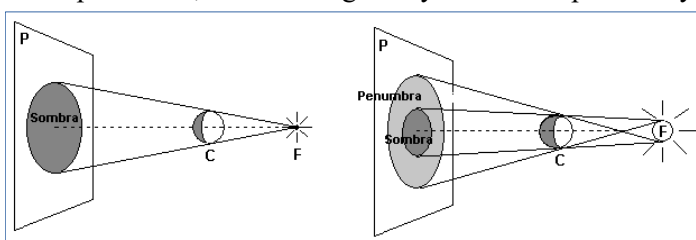
Nº inv.: 05 / 137  
 Nº de ejemplares: 2  
 Fecha desconocida  
 Fabricante: Jodra. Madrid  
 Metal y vidrio  
 15 x 13 x 25 cm



Nº inv.: 05 / 138  
 Fecha desconocida  
 Fabr: Hijos de Giralt Laporta  
 Barcelona  
 Metal y vidrio  
 16 x 9 x 17 cm

En un medio transparente y homogéneo, la luz se transmite de un punto a otro en línea recta. Por eso, si en la recta que nuestro ojo con un punto luminoso, se interpone un cuerpo opaco, dicho punto cesa de ser visible para nosotros. Las porciones de espacio situadas detrás del cuerpo opaco, inaccesibles a la luz que le ilumina, se denominan *sombras*. La porción de espacio que recibe sólo parcialmente luz, por hallarse detrás de un cuerpo opaco, se denomina *penumbra*.

No existen, en realidad, sombras que estén rodeadas de penumbra, porque, para que la sombra (como la del cuerpo *S*) fuera perfectamente limitada, se necesitaría que el foco luminoso fuese un punto *F*, y como los focos de luz, en la práctica tiene mayor o menor extensión, siempre queda alrededor de la sombra una zona de transición o penumbra, adonde llegan rayos de una parte mayor o menor de la superficie luminosa.



Nuestros focos luminosos habituales suelen producir haces más o menos gruesos, que tendremos que hacer lo más delgados posible. Esto lo conseguiremos mediante rendijas, **diafragmas**, etc.

Nº inv.: 05 / 139  
 Fecha desconocida  
 Fabricante desconocido  
 Madera y latón  
 11 x 11 x 22,5 cm

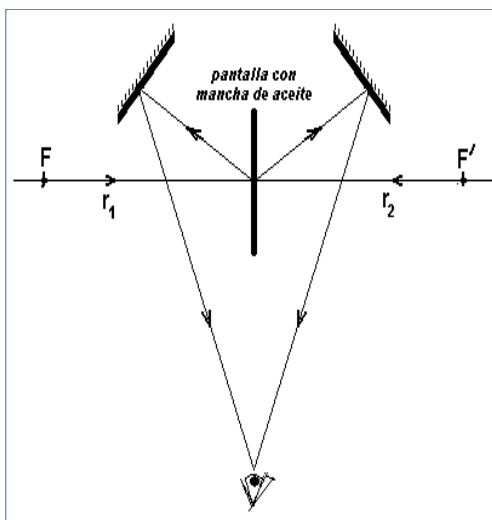


Nº inv.: 05 / 140  
 Fecha desconocida  
 Fabricante: A. Picart. París  
 Latón  
 $\Phi = 9,5 \text{ cm}$   $h = 3 \text{ cm}$



## INTENSIDAD DE LA LUZ

Se entiende por *intensidad luminosa* la cantidad de luz recibida por unidad de superficie. La intensidad luminosa es la cantidad de luz producida o emitida por un cuerpo luminoso. *La intensidad de la luz recibida por una superficie está en razón inversa del cuadrado de la distancia que la separa al foco luminoso.*



La *fotometría* tiene como objeto *determinar las intensidades de las fuentes luminosas y las iluminaciones de las superficies*. Para ello se utilizan aparatos diversos que facilitan la comparación de las intensidades de dos focos luminosos, de los cuales uno sirve como unidad; dichos aparatos se llaman **fotómetros**.

Los fotómetros son aparatos destinados a la medida de intensidades luminosas. Estas medidas se realizan teniendo en cuenta que la relación  $I / I_0$  de las intensidades de los dos focos luminosos es igual al cuadrado de la razón de distancias,  $r$  y  $r_0$ , a las que es necesario colocar los dos focos para tener la misma iluminación sobre una pantalla situada normalmente a los rayos luminosos. Es decir:

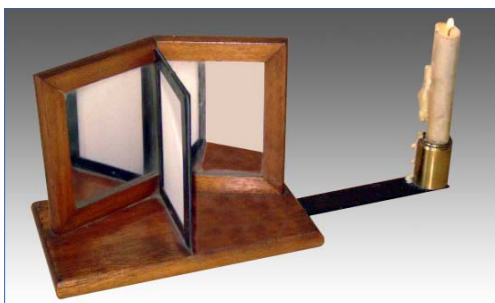
Esta *ley fotométrica de las distancias* nos permite comparar las intensidades luminosas.

## FOTÓMETRO DE BUNSEN

Inventado por el alemán *Robert Wilhelm Bunsen*, a mediados del s. XIX, es de suma sencillez.

Está constituido por una hoja de papel blanco sobre la que se ha depositado una gota de aceite. La mancha así producida aparece más brillante que el resto de la hoja cuando se observa por transparencia. Por el contrario, cuando se observa por difusión, es decir del lado que recibe la luz, aparece oscura sobre un fondo luminoso. Por consiguiente, si la hoja de papel se ilumina por los dos lados igualmente, la mancha no debe aparecer ni más brillante ni más oscura que el resto de la hoja, sin que pueda, por tanto, distinguirse.

Sin embargo, no se consigue nunca la desaparición completa, y, además, según sea la dirección en que se observa, la mancha se hace más o menos visible. El fotómetro de Bunsen cuenta, para evitar este inconveniente, con un dispositivo que permite ver simultáneamente las dos caras de la hoja y bajo el mismo ángulo. Junto al marco que contiene la hoja con la mancha de aceite, se disponen, a cada lado, unos espejos, según un ángulo adecuado respecto a la hoja, de modo que, al mirar los espejos, se vea la mancha de aceite por ambas caras y bajo el mismo ángulo. Si en las dos caras de la hoja se tiene la misma iluminación, la mancha de aceite ofrecerá por ambas caras el mismo contraste respecto al papel restante.



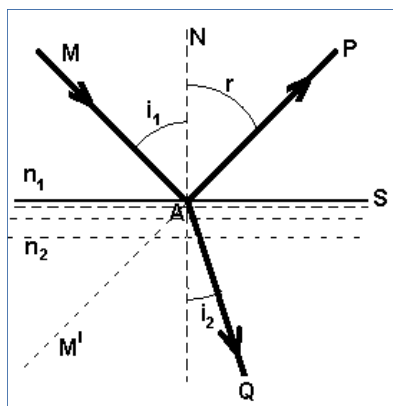
Nº inv.: 05 / 141  
 Fecha: 1920  
 Fabricante desconocido  
 Madera, latón, papel y vidrio  
 30 x 10 x 13,5 cm



Nº inv.: 05 / 142  
 Fecha desconocida  
 Fabricante desconocido  
 Metal y vidrio  
 12 x 6 x 17 cm

## REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

Si un haz luminoso MA incide sobre la superficie libre del agua contenida en una cubeta, la experiencia nos demuestra que una parte de la luz penetra en el agua AQ (*haz refractado*), mientras el resto sigue su camino en el aire (*haz reflejado*) AP. El fenómeno es general. Siempre que los rayos luminosos encuentran una superficie lisa de separación entre dos medios transparentes, cambian bruscamente de dirección: parte de la luz permanece en el primer medio (se refleja) y parte de la misma pasa al segundo medio (se refracta). Se llama *plano de incidencia* al formado por el rayo incidente y la normal (AN) a la superficie de separación de los dos medios (que puede ser plana o curva), trazada por el punto de incidencia. Los rayos incidente MA, reflejado AP, y refractado AQ forman, respectivamente, con la normal, los ángulos de *incidencia*, de *reflexión* y de *refracción*.



Se cumplen las leyes siguientes:

- a) Los rayos incidente, reflejado y refractado están contenidos en el mismo plano de incidencia.
- b) Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales,
- c) A cada medio transparente, homogéneo e isótropo, le corresponde un valor constante  $n$  (denominado índice de refracción absoluto) tal que cuando un rayo de luz monocromática pasa de un medio 1 cualquiera (cuyo índice de refracción es  $n_1$ ) a otro medio 2 (cuyo índice de refracción es  $n_2$ ) se verifica que:

o sea que

*Se asigna el valor 1 al índice de refracción absoluto del vacío.*

### APARATO DE SILBERMANN

Para la demostración de las leyes de la reflexión y refracción se utiliza el aparato de *Silbermann*.

Consiste en un círculo vertical de limbo graduado, sostenido por una base. En su centro se fija horizontalmente un pequeño espejo, y una alidada movable permite correr sobre la escala y fijar una lámina opaca con un orificio central, por donde pasará un haz luminoso. Al llegar la luz al espejo se reflejará y, mediante otra alidada, el rayo incidirá sobre una pantallita. Basta observar los arcos que separan las dos alidadas de la normal, que corresponde al cero de la graduación, para comprobar la igualdad de los ángulos correspondientes.



Nº inv.: 05 / 143  
 Fecha: 1870  
 Fabricante: Grasselli (Madrid)  
 Madera, latón y vidrio  
 33 x 33 x 40 cm

Para comprobar las leyes de la refracción, se modifica el aparato. En vez del espejo central, se coloca un vaso cilíndrico, de vidrio, donde se pone un líquido transparente cuya superficie libre pase por el centro del disco vertical, y la alidada destinada a recoger el rayo refractado, se sitúa por la parte inferior, que es por donde aquel ha de salir del agua. La forma cilíndrica del vaso y la posición de las alidadas hacen que el rayo incidente no sufra otra desviación que la de su llegada a la superficie del líquido, precisamente en un punto de la normal central al disco.

Empleando líquidos distintos, este aparato permite medir sus índices de refracción con relación al aire. El conocimiento de los índices de refracción muestra que siempre que la luz pasa a un medio más denso, se acerca a la normal, y si pasa a un medio menos denso, se separa de ella..

El mismo aparato permite comprobar los valores del ángulo límite y el fenómeno de la reflexión total.

## CAJA CÚBICA DE REFRACCIÓN

Otro método para observar el fenómeno de la refracción es el de la **caja cúbica**.

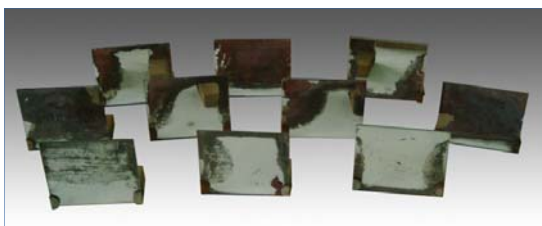


*Nº inv.: 05 / 144  
Fecha: 1865  
Fabricante desconocido  
Madera, latón y vidrio  
12 x 12 x 14 cm*

Si en una caja cúbica de vidrio incide un rayo luminoso en dirección normal a una de sus caras, la luz atraviesa la caja sin desviación ninguna; pero dividiéndola interiormente en dos compartimientos triangulares por medio de un diafragma también de vidrio, y echando agua en uno de ellos, el rayo se quiebra al salir del compartimiento que contiene líquido, y penetrar en el que está vacío. El polvillo que flota en el aire, y el que enturbia el líquido, hacen perceptible el camino seguido por los rayos.

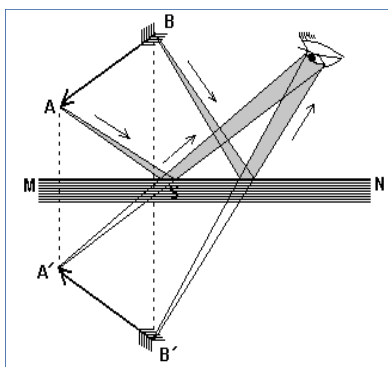
Para que haya refracción, es indispensable que la incidencia de los rayos sea oblicua a la superficie de separación de los dos medios; pues de ser normal, no existe razón alguna para que se desvíen en un sentido más que en otro.

## ESPEJOS PLANOS Y ESFÉRICOS



*Nº inv.: 05 / 145  
Número de ejemplares: 10  
Fecha desconocida  
Fabricante desconocido  
Madera y vidrio  
8,5 x 4 x 7 cm*

**Espejo plano** es toda superficie plana y perfectamente pulimentada que refleja la luz.

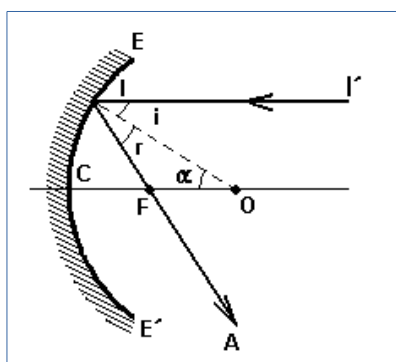


**Espejo plano**

La imagen de una figura en un espejo plano es la simétrica con respecto al eje que crea el espejo. La imagen es virtual, es decir, no puede obtenerse en una pantalla.

La región del espacio en donde puede observarse la imagen reflejada en un espejo plano de un punto luminoso, se llama *campo del espejo*. Para un cuerpo luminoso, el campo es la porción del espacio donde se ve su imagen completa reflejada en el espacio.

## ESPEJOS ESFÉRICOS



Son aquellos cuya superficie reflectante es porción de una esférica; si corresponde a la cara interna de ésta, el espejo se llama *cóncavo*; si a la exterior, *convexo*.

Los usuales son casquetes esféricos, y en todos ellos se consideran dos *centros*: el llamado *de figura*, que es el punto del espejo que equidista de todos los del borde (vértice del espejo), y el llamado *de curvatura*, que es de la esfera de que forma parte. Se llama *radio curvatura* o radio del espejo al radio de la esfera.

Se llama *eje principal* la recta que pasa por ambos centros. Toda recta que pase por el centro y no contenga al vértice es un *eje secundario*.

### **Espejo cóncavo**

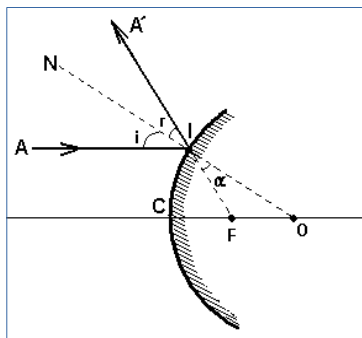
Los rayos luminosos que inciden sobre un espejo esférico seguirán las siguientes reglas:

1ª.- *Todo rayo luminoso que sea paralelo al eje principal, que llegue al espejo, se reflejará cortando al eje principal en un punto llamado foco principal del espejo, y que se encuentra situado a la mitad de la distancia que hay entre los centros de figura y de curvatura.*

2ª.- *Todo rayo luminoso procedente de un punto situado sobre el eje principal, se reflejará de tal forma que el ángulo incidente (ángulo entre el rayo y la normal), y el ángulo reflejado (ángulo entre la normal y el rayo reflejado) serán iguales; cortará al eje principal en un punto llamado foco conjugado.*

3ª.- *Todo rayo luminoso procedente del centro de curvatura, es normal a la superficie y volverá sobre su misma dirección, es decir, no se desvía.*

4ª.- *Todo rayo luminoso procedente del foco principal, se desviará de tal forma que su dirección será paralela al eje principal.*



Las imágenes producidas por los espejos cóncavos dependerán de la posición en donde se encontrara el objeto, respecto al centro de curvatura..

**En los espejos convexos** se mantienen las mismas reglas para el trazado geométrico de la marcha de los rayos; pero siempre aquí *el haz reflejado es divergente*, y las intersecciones de las prolongaciones de rayos y ejes producen los *focos detrás del espejo*. Las imágenes son todas *menores que el objeto y en posición directa y además virtuales* (no se pueden recoger en una pantalla).

### **Espejo convexo**



Ruiz Collantes, F. El laboratorio de Física del IES Cardenal Cisneros de Madrid

Para ver el comportamiento de los rayos luminosos sobre los distintos tipos de espejos y superficies se dispone en el laboratorio de diversas cajas conteniendo espejos planos, esféricos, láminas de caras plano-paralelas, dioptrios, prismas, redes de difracción, etc. que junto a sus correspondientes soportes permiten hacer un estudio pormenorizado de las leyes de la reflexión y de la refracción.



Nº inv.: 05 / 146  
Fecha desconocida  
Fabricante: Enosa  
Metal y vidrio  
32 x 21,5 x 4 cm

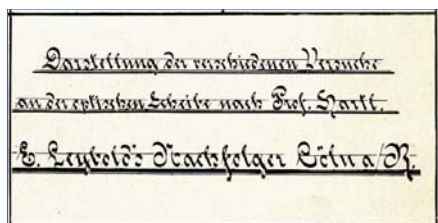


Nº inv.: 05 / 147  
Fecha desconocida  
Fabricante desconocido  
Metal y vidrio  
30 x 29 x 3 cm



Nº inv.: 05 / 148  
Fecha desconocida  
Fabricante: Enosa  
Metal y vidrio  
32 x 21,5 x 6 cm

## DISCO ÓPTICO DE HARTL

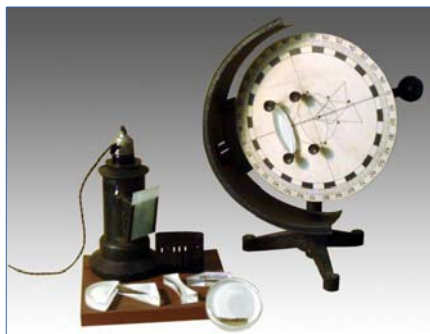


Otro sistema utilizado para realizar experiencias de óptica geométrica es el llamado **disco óptico de Hartl**.

Está formado por una pantalla circular, en la que están dibujadas las posiciones que han de ocupar los distintos elementos a estudiar, y una serie de pequeños orificios con su correspondiente sistema de presión, para que puedan colocarse cómodamente dichos elementos (espejos, láminas, lentes, etc.).

La pantalla circular está montada sobre un soporte con una ventana rectangular, que hace de diafragma, por donde penetrará el haz luminoso proveniente de una fuente luminosa colocada detrás. Al pasar los rayos luminosos, a través de los distintos elementos ópticos, sufrirán desviaciones que podrán cuantificarse gracias a un limbo graduado situado sobre la plataforma circular.

Con este sistema pueden realizarse multitud de experiencias, entre las que caben destacar: demostraciones de las leyes de la reflexión y refracción, espejos planos y esféricos, dioptrios, lentes convergentes y divergentes, láminas de caras plano-paralelas, reflexión total, prismas, dispersión de la luz, difracción, polarización e interferencias.

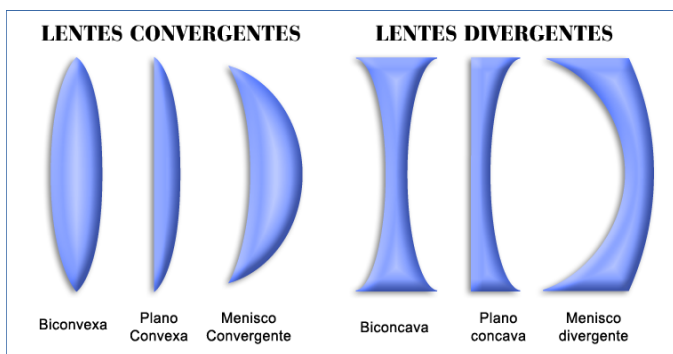


Nº inv.: 05 / 149  
Fecha desconocida  
Fabricante: E. Leybold's Nachfolger A.G.  
Metal, papel y vidrio  
27 x 27 x 50 cm  
Caja con elementos 24,5 x 23 x 3 cm

## LENTE

Una **lente** es todo cuerpo transparente, limitado por una o dos superficies curvas, que tienen un eje común. Según cual sea la forma de las superficies curvas, se denominan *lentes esféricas, cilíndricas*, etc. Las más usuales son las esféricas.

Según el efecto que producen en la forma de los haces luminosos que las atraviesan, se dividen en *convergentes* y *divergentes*.



Las convergentes son más gruesas por el centro que por los bordes. Según sean las superficies que la limitan, pueden ser:

*iconvexa*: dos superficies convexas.

*Plano-convexa*: una superficie plana y la otra convexa.

*Menisco convergente o cóncavoconvexa*: una superficie convexa y otra cóncava de mayor radio.

Las divergentes son más gruesas por los bordes que en el centro. Según sean sus superficies se llaman:

*Bicóncava*: dos superficies cóncavas.

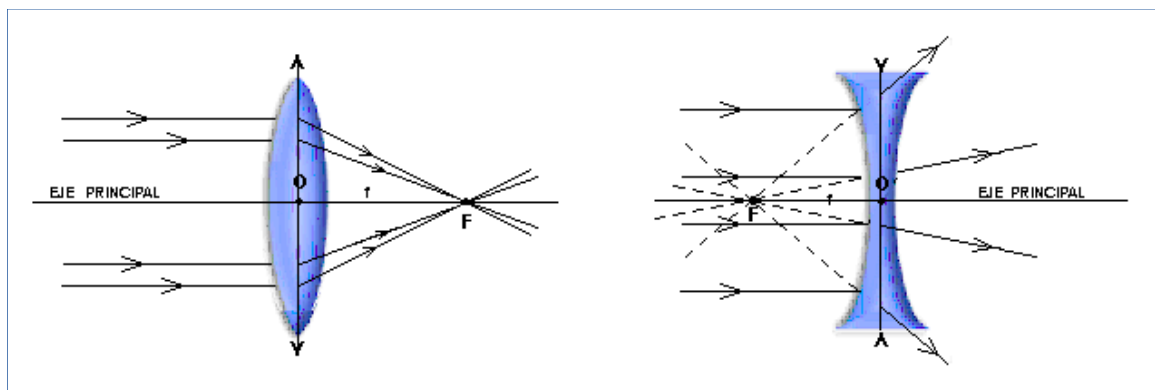
*Plano-cóncava*: una superficie plana y otra cóncava.

*Menisco divergente o convexocóncava*: una superficie cóncava y otra convexa de mayor radio.

## ELEMENTOS DE UNA LENTE

*Centros de curvatura*: son los centros de las de las superficies curvas que limitan la lente.

*Centro óptico (O)*: es un punto interior que existe en toda lente y está en la línea que une los centros de curvatura. Tiene la propiedad de que todo rayo que pase por él no sufre desviación.



*Eje principal*: recta que une los dos centros de curvatura de una lente.

*Sección principal o meridiana*: todo plano que corta a la lente, pasando por el eje principal.

*Eje secundario*: es toda recta que atraviesa la lente pasando por su centro óptico.

*Foco principal (F)*: punto del eje principal donde concurren los rayos luminosos (o sus prolongaciones), después de incidir sobre la lente paralelamente al eje principal. En el caso de las lentes convergentes los rayos la atraviesan y concurren en el foco. Si la lente es divergente, los rayos concurrentes serán sus prolongaciones. Toda lente tiene dos focos principales, uno a cada lado, y estos son reales en las convergentes y virtuales en las divergentes.

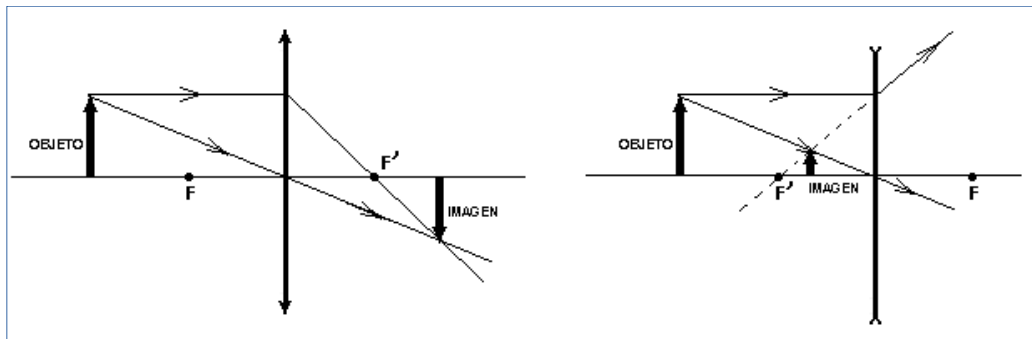
*Distancia focal (f)*: es la existente entre el centro óptico de la lente y su foco. Depende del índice de refracción de la sustancia que forma la lente y de los radios de curvatura.

*Potencia de una lente*: la inversa de la distancia focal expresada en metros. Se mide en *dioptrías*.

## CONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES

Para obtener imágenes en una lente convergente pueden utilizarse dos de los tres rayos siguientes:

- Un rayo paralelo al eje principal que atraviesa la lente se desvía pasando por el foco (F).
- Un rayo que pasa por el foco conjugado ( $F'$ ) y atraviesa la lente se desvía y sale paralelamente al eje principal
- Un rayo que atraviesa la lente pasando por su centro óptico no se desvía.



Para obtener imágenes en una lente divergente pueden utilizarse dos de los tres rayos siguientes:

- Un rayo paralelo al eje principal que atraviesa la lente se desvía de modo que su prolongación pasa por el foco (F).
- Un rayo que atraviesa la lente pasando por su centro óptico no se desvía.

Las imágenes son reales si se forman con la intersección de rayos procedentes del objeto. Son imágenes virtuales si se forman con intersección de alguna prolongación de rayos. Las imágenes en las lentes divergentes siempre son virtuales y por tanto no se podrán obtener en una pantalla.

Para la observación del comportamiento de los rayos luminosos a través de las lentes suelen utilizarse los llamados **bancos ópticos**. Estos bancos están formados por un soporte vertical que sustenta a una guía horizontal, generalmente milimetrada, por la que pueden desplazarse fácilmente los distintos elementos ópticos, dependiendo del tipo de experiencias a realizar: lentes, diafragmas, prismas, micrómetros, rendijas, etc.



Nº inv.: 05 / 150  
Fecha desconocida  
Fabricante desconocido  
Madera, latón y vidrio  
81 x 26 x 50 cm



Nº inv.: 05 / 151  
Número de ejemplares: 2  
Fecha desconocida  
Fabricante: Phywe  
Madera, metal y vidrio  
47 x 16 x 28 cm

## PRISMA ÓPTICO



Nº inv.: 05 / 152  
 Fecha: 1874  
 Fabricante desconocido  
 Metal y vidrio  
 21 x 13 x 20 cm

Un medio transparente, limitado por dos superficies planas no paralelas, se denomina **prisma óptico**.

Se suelen construir dándoles la figura de un prisma triangular geométrico, y ordinariamente se montan en piezas metálicas, dispuestas sobre soportes adecuados que permitan los movimientos convenientes.

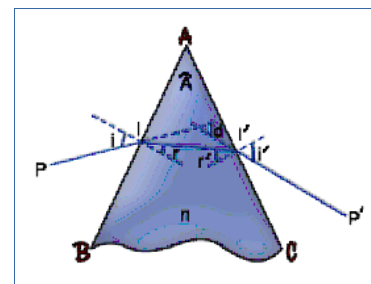
El ángulo que forman las dos superficies del prisma se denomina *ángulo de refringencia* ( $\alpha$ ). El punto de intersección de las dos caras se llama *vértice* (A) del prisma. *Base del prisma* (BC) es la parte opuesta al vértice.

La desviación experimentada por el rayo luminoso al penetrar en un prisma viene dada por el ángulo de desviación ( $d$ ) que es el ángulo formado por el rayo incidente y el emergente:

si el ángulo del prisma es pequeño se puede utilizar

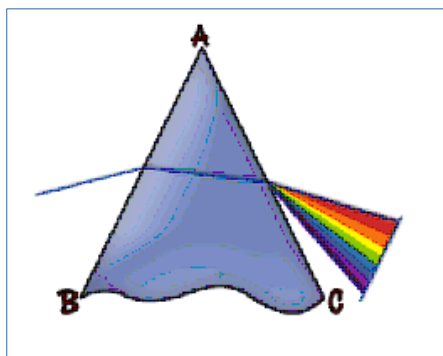
$$d=(n-1)A$$

Existe para cada sustancia un ángulo menor que todos los otros de desviación, y recibe el nombre de *desviación mínima*. Midiendo los ángulos de incidencia y de emergencia, cuando se ha obtenido la desviación mínima, se observa que son exactamente iguales.



## DISPERSIÓN DE LA LUZ

Mientras que la velocidad de la luz en el vacío es la misma para todas las longitudes de onda, la velocidad en una sustancia material es distinta para las diferentes longitudes de onda. Por consiguiente, el índice de refracción de una sustancia es también función de la longitud de onda. Una sustancia en la cual la velocidad de una onda varía con la longitud de ésta se dice que produce *dispersión*.



Dado que la desviación producida por el prisma aumenta al aumentar el índice de refracción, la luz violeta es la más (y la luz roja la menos) desviada, ocupando los demás colores posiciones intermedias. Al salir del prisma, la luz se extiende en un haz en forma de abanico. Se dice que *la luz se dispersa formando un espectro*. Si recogemos la luz que sale del prisma en una pantalla; en ésta en lugar de aparecer un punto iluminado, se observa una banda coloreada de siete colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil, y violeta.

Para interpretar el fenómeno de la dispersión, Newton admitió que la luz está compuesta de estas siete radiaciones monocromáticas, las cuales se refractan indistintamente.

## SÍNTESIS DE LA LUZ

La síntesis de la luz consiste en el fenómeno contrario al de la dispersión y puede lograrse juntando distintos colores del espectro, consiguiendo por ello luz blanca.



*Nº inv.: 05 / 153*  
*Fecha: 1874*  
*Fabricante desconocido*  
*Metal, madera, cuero y papel*  
*20 x 20 x 55 cm*

Aplicando *Newton* esta circunstancia, pintó sobre una de las caras de un disco de cartón cinco zonas iguales, divididas cada una de ellas en otras siete con la extensión y color que presentan en el espectro. Dando al disco un rápido movimiento giratorio, toma el disco un color agrisado, casi blanco; lo sería por completo si los colores empleados fuesen exactamente iguales a los del espectro.

El efecto se produce debido a que todos los colores impresionan la retina a intervalos de 1/10 de segundo, llegando a superponerse todos como si procedieran de un sólo haz, en virtud de la persistencia de las impresiones en la retina.

## PRISMAS ACROMÁTICOS

La dispersión de la luz produce el fenómeno de dar imágenes coloreadas, sobre todo en los bordes, cuando los rayos llegan al ojo refractados por prismas o lentes. Esta dispersión, que es un defecto bastante grande en algunos aparatos, se remedia por medio de los **prismas acromáticos** o las lentes acromáticas.

El inglés *John Dollond (1758)*, demostró experimentalmente el acromatismo, tomando dos prismas de vidrio, macizo el uno y hueco el otro, el cual llenaba de un líquido transparente y que tenía además una de sus caras móvil alrededor del vértice, para variar dicho ángulo a voluntad. La luz solar la descomponía por medio de un prisma macizo y después recibía el espectro sobre el prisma hueco, invertido su ángulo refringente, cuyo valor variaba por medio de tanteos hasta conseguir la luz blanca.

Nuestro prisma acromático está formado por un prisma central de *crystal crown* (sin plomo) y los laterales de *crystal flint* (con plomo). Estos cuerpos no dispersan lo mismo la luz, ya que su poder dispersivo es de 0,018 para el primero, aproximadamente, y de 0,031 para el segundo, por lo que uno compensará la dispersión del otro.

Según hagamos pasar un rayo de luz por el prisma central sólo, posponiéndole uno, o anteponiéndole el otro, obtendremos dispersión y desviación de la luz, sólo dispersión, o sólo desviación, quedando en este último caso el prisma acromatizado.



*Nº inv.: 05 / 154*  
*Fecha: 1874*  
*Fabricante desconocido*  
*Plomo, latón y vidrio*  
 *$\Phi = 9 \text{ cm}$   $h = 35 \text{ cm}$*

## GONIÓMETRO DE BABINET

Para determinar el índice de refracción de una sustancia se utiliza un prisma óptico. Su ángulo de refringencia se mide fácilmente mediante el **goniómetro de reflexión de Babinet**.

El prisma va colocado sobre el centro de un pie. Sobre un círculo horizontal graduado hay un tubo de retículo, o tubo *colimador*, fijado sobre un radio; por él se hace pasar un haz luminoso, el cual incide sobre una cara del prisma, se refleja parcialmente y va a penetrar en un anteojo móvil de retículo a través del cual se mira la imagen.

Para medir el ángulo del prisma se corre el anteojo móvil hacia el colimador hasta un punto cualquiera de la graduación. Se sitúa en el centro del limbo el cero de la alidada, y sin tocar ésta, se mueve el soporte de cristal hasta que, a través del anteojo, se vea la imagen de la luz por reflexión en una de las caras, en el centro del retículo. Logrado esto, se gira el cristal por medio de la alidada, hasta que vuelva a verse la imagen por reflexión en la otra cara del ángulo. El ángulo descrito por la alidada es el suplemento de ángulo buscado, puesto que es el de las dos normales a las caras reflectantes.



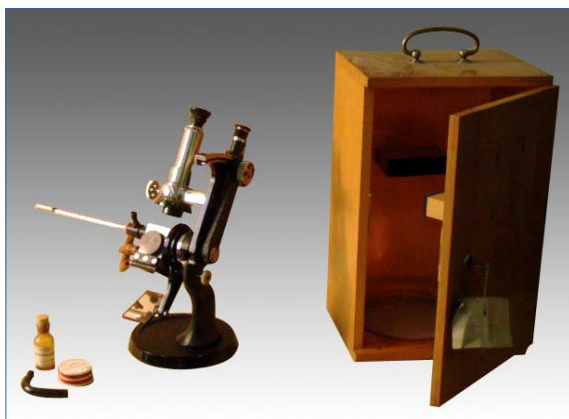
*Nº inv.: 05 / 155*  
*Fecha: 1890 – 1900*  
*Fabricante desconocido*  
*Latón y vidrio*  
*40 x 30 x 30 cm*

## REFRACTÓMETRO DE ABBE

Los refractómetros sirven para medir los índices de refracción y la dispersión media de sustancias líquidas, blandas y sólidas. Sin cálculo alguno, estos aparatos proporcionan directamente el índice de refracción que se lee en una escala circular.

Con este tipo de refractómetro se pueden medir índices de refracción de: mantecas, margarina, aceites, ácidos grasos, barnices, petróleo, glicerina, etc.

Está basado en la observación de la línea límite de reflexión total formada por la luz penetrando en un prisma de flint después de haber atravesado la sustancia sometida a examen.



*Nº inv.: 05 / 156*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante: Carl Zeiss. Jena. Germany*  
*Metal y vidrio*  
*13 x 13 x 30 cm*  
*Caja de madera: 23 x 18,5 x 35 cm*

El refractómetro se compone de las siguientes partes importantes:

1. *Un doble prisma*, destinado a recibir la muestra (unas gotas), el cual gira mediante una alidada alrededor de un eje horizontal.
2. *Un anteojo* que sirve para la observación de la línea límite de reflexión total que se produce en el prisma.
3. *Un sector* unido invariablemente al anteojo, que lleva la escala indicadora de índices de refracción.
4. *El compensador* que tiene por misión hacer incolora la línea límite coloreada normalmente.

La lectura que se realiza en la escala del sector proporciona el *índice de refracción* de la sustancia que se examina, con una precisión de la cuarta cifra decimal. Al mismo tiempo se puede obtener la *dispersión media* mediante la lectura en la escala del tambor compensador con la ayuda de una tabla especial y de un sencillo cálculo.

## DISPERSIÓN DE LA LUZ

No todas las radiaciones luminosas son iguales. *Newton* descubrió (en 1666) que la luz del Sol, al atravesar un prisma, se descompone en otras coloreadas, y denominó a este fenómeno *dispersión* de la luz.

Para comprobarlo, basta colocar un prisma en el camino de un haz de rayos solares y se obtendrá sobre una pantalla una banda coloreada, llamada *espectro solar luminoso*, en la que se observan infinidad de matices, destacándose especialmente los siete colores, en el orden siguiente: *rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta*.

La transición de un color a otro no es brusca, sino gradual; de modo que, en realidad, los colores son muchos, pero nuestra vista sólo aprecia los siete indicados.

Utilizando una pantalla de modo que deje paso solamente a rayos de un solo color, e interponiendo en su camino un nuevo prisma, no se descompone ya en otros colores, lo cual prueba que son *simples*. Su separación en el espectro demuestra que tienen distinta *refrangibilidad*, o, lo que es lo mismo, que cada sustancia tiene un índice de refracción distinto para cada color.

*W. H. Wollaston* en 1802, y *Joseph von Fraunhofer* en 1817, descubrieron en el espectro un nuevo fenómeno. Interponiendo un cuerpo transparente entre un foco luminoso y un prisma, y observando el espectro producido por una lente, se ve que si los rayos de luz proceden de un sólido o líquido incandescente, en vez de formarse el espectro luminoso continuo, aparece interrumpido por bandas o *rayas* oscuras, distribuidas en los diversos colores, y si el cuerpo interpuesto es un gas o vapor, dichas rayas oscuras corresponden a los mismos lugares y están igualmente dispuestas que las rayas brillantes de su espectro respectivo, cuando ellos están incandescentes.

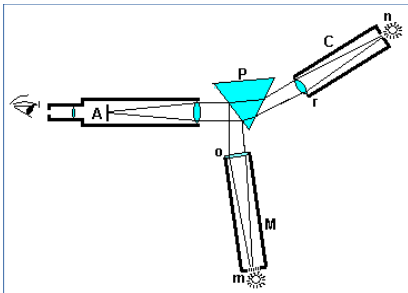


Análogamente se pueden observar rayas frías en los espectros caloríficos, e inactivas en los químicos. Los espectros que presentan dichos fenómenos se denominan *espectros de absorción*. El espectro solar es de absorción, y confirma la existencia del núcleo incandescente y la envoltura gaseosa del mismo en el Sol.

## ESPECTROSCOPIOS

Son los aparatos destinados a producir espectros luminosos que puedan observarse cómodamente y con la necesaria amplificación. El modelo más usual es el de *Bunsen y Kirchhoff*.

Consiste esencialmente en un prisma recto (*P*), triangular, de vidrio, colocado sobre un soporte, de modo que las aristas laterales estén verticales, en el cual una de las caras y las dos bases se han recubierto de un barniz opaco, a fin de que no queden más superficies refringentes que las que han de servir de entrada y salida de los rayos luminosos que se quieren dispersar. Sujetos en el mismo soporte, van tres tubos horizontales dispuestos alrededor del prisma, de modo que sus ejes queden a la altura de la sección media transversal de aquel. Uno de los tubos (*C*), tiene por objeto producir un haz de rayos luminosos paralelos (*n*) que incida en una de las caras del prisma en la dirección conveniente, y se denomina *colimador*; otro, más pequeño, está destinado a producir una imagen ampliada de una pequeña escala fotográfica convenientemente iluminada, a fin de determinar con exactitud la situación de las rayas del espectro, y se denomina *tubo micrométrico* (*M*), y el tercero, es un *anteojo* (*A*) astronómico destinado a recibir los rayos luminosos procedentes de los dos anteriores, para que el observador vea simultáneamente las imágenes ampliadas del espectro y de la escala. Así pueden identificarse las rayas del espectro por su longitud de onda y facilitar la identificación o estudio de la muestra.



*Nº inv.: 05 / 157*  
*Fecha: 1866*  
*Fabricante: A. Krüss. Hamburg*  
*Latón y vidrio*  
*35x 37 x 28 cm*

Cuando se produce un espectro muy puro de la luz solar, se observa la presencia de espacios oscuros, estrechos y numerosísimos, que constituyen las *rayas del espectro*. Fraunhofer las clasificó en diez grupos, designándolos por las letras A, a, B, C, D, etc. desde el rojo al violeta.

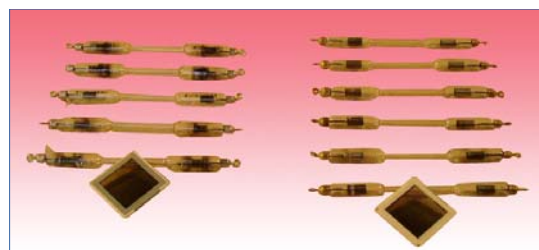
Se llaman *espectros de emisión* los que son propios de luces que llegan al espectroscopio. Los hay *continuos*, que presentan la serie de colores sin interrupción alguna; *discontinuos*, que están constituidos por rayas aisladas, y *de bandas brillantes*, las cuales, por medios dispersivos suficientemente potentes, se resuelven en rayas finas muy próximas unas a otras.

Los sólidos y líquidos incandescentes dan espectros continuos. Los gases y vapores los dan generalmente discontinuos; así el hidrógeno da cuatro rayas; los vapores de sodio dan una raya amarilla muy característica; esta raya es, en realidad doble.

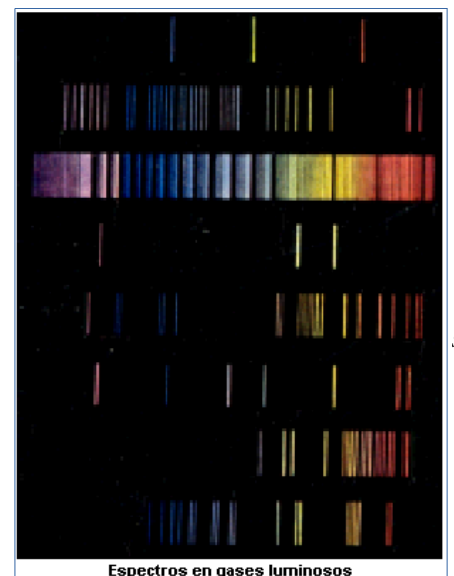
Para estudiar el espectro de los gases se los encierra a poca presión en tubos como los Geissler y se los hace atravesar por la descarga del carrete de inducción de Ruhmkorff.



*Nº inv.: 05 / 158*  
*Fecha: 1890*  
*Fabricante desconocido*  
*Vidrio*  
 $\Phi = 2,5 \text{ cm}$   $h = 40 \text{ cm}$



*Fecha: 1900*  
*Fabricante desconocido*  
*Vidrio*  
*Tubos conteniendo:*  
*H, He, Ar, Ne, N, Hg*  
 $\Phi = 1,6 \text{ cm}$   $h = 16 \text{ cm}$



Espectros en gases luminosos



El físico alemán *Gustav Robert Kirchhoff* fue el descubridor del análisis espectral. A él se deben una serie de leyes que indican los distintos casos en los que la materia puede emitir diferentes tipos de espectros:

- Un espectro continuo está producido por los sólidos incandescentes, los líquidos y los gases que se encuentren sometidos a una gran presión.
- El espectro de absorción o de rayas oscuras se produce cuando una fuente emite radiación continua que contiene todas las longitudes de onda, y pasa a través de un gas más frío. El gas absorbe las longitudes de onda que emitiría si estuviera en estado incandescente.
- El espectro de emisión es producido por gases enrarecidos en condiciones de elevada temperatura, presentando cada gas su espectro característico.



*Nº inv.: 05 / 159*  
*Fecha: 1895*  
*Fabricante desconocido*  
*Metal y vidrio*  
*34 x 32 x 28 cm*

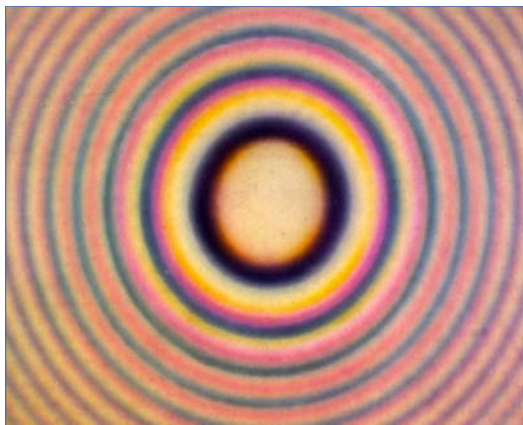


*Nº inv.: 05 / 160*  
*Nº de ejemplares: 2*  
*Fecha: 1970*  
*Fabricante: Enosa*  
*Metal y vidrio*  
*32 x 26 x 26 cm*



## INTERFERENCIAS LUMINOSAS

Dos ondas luminosas *interfieren* cuando se superponen. La condición para que dos ondas luminosas den lugar a interferencia al superponerse es que sean iguales las longitudes de ondas de las dos vibraciones, que las vibraciones mismas sean coherentes, tengan la misma fase y sean iguales las amplitudes de vibraciones.



Anillos de Newton utilizando una lente y una placa

Usando dos focos coherentes se observa sobre una pantalla una franja central luminosa y después, alternativamente, franjas oscuras y luminosas, según que la diferencia de recorrido óptico entre los dos rayos sea de múltiplos enteros de orden impar o de orden par se semilongitudes de onda.

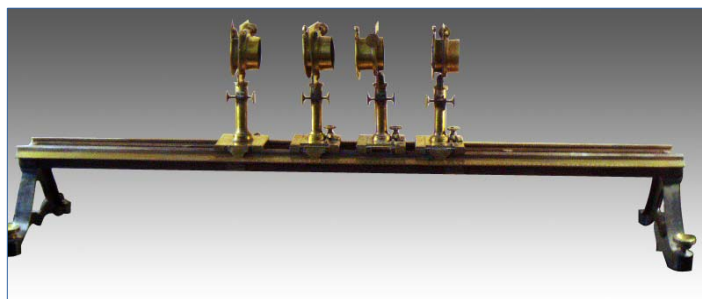
Para obtener dos focos o emisores coherentes se recurre experimentalmente a ciertos artificios que consisten en usar como tales las imágenes reales o virtuales proporcionadas por un sólo foco mediante espejos o lentes.

## DIFRACCIÓN

El fenómeno de la *difracción* se debe al cambio de trayectoria de la propagación rectilínea de la luz. Si se coloca delante de un foco luminoso una pantalla con un orificio se debería de este modo aislar un delgadísimo rayo luminoso a lo largo de la recta de propagación, mientras los otros puntos deberían permanecer en la oscuridad. No obstante, el ojo colocado en un punto cualquiera lejano de la recta de propagación ve brillar el agujero con luz viva. Esto significa que desde el punto, donde está el orificio, la luz se esparce en todas direcciones.

La justificación teórica de las leyes que regulan los fenómenos de la propagación ondulatoria se basa sobre el *principio de Huygens-Fresnel*. Este principio se puede enunciar del siguiente modo: los puntos que son alcanzados por una onda luminosa pasan a ser centros de nuevas ondas elementales.

Para el estudio de estos fenómenos se suelen utilizar los llamados **bancos de difracción**. Este tipo de banco óptico suele tener una serie de accesorios, situados sobre una regla graduada, que nos van a permitir realizar multitud de experiencias relacionadas con la difracción e interferencias de ondas luminosas. Hay soportes de distintos tipos: diafragmas, rendijas, prismas, micrómetros, etc.



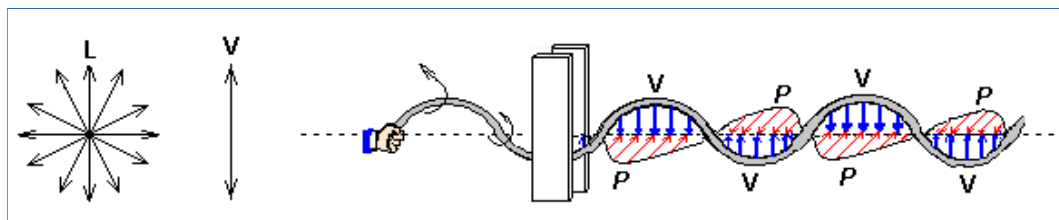
*Nº inv.: 05 / 161*  
*Fecha: 1880 – 1900*  
*Fabricante desconocido*  
*Latón y vidrio*  
*140 x 35 x 21 cm*  
*4 soportes de latón: 10 x 11 x 21 cm*



## POLARIZACIÓN

Las ondas electromagnéticas son perturbaciones que se propagan por el espacio en todas direcciones. Están formadas por un campo eléctrico y uno magnético que oscilan, y cuyas magnitudes y direcciones obedecen a las ecuaciones del electromagnetismo, conocidas como ecuaciones de Maxwell. Si se propagan en el vacío, dichas ecuaciones establecen que ambos campos oscilantes son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación.

En una onda electromagnética existen dos vectores que vibran, el campo eléctrico y el campo magnético. Por convenio se toma como dirección de vibración de la luz el campo eléctrico, aunque hay que tener en cuenta que el que vibra en el plano de polarización es el campo magnético, mientras que el eléctrico lo hace en dirección perpendicular a éste.

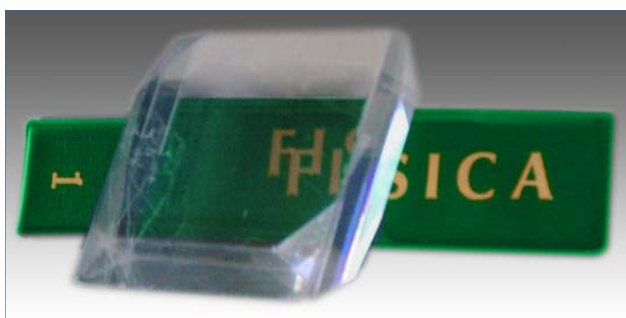


La luz visible, cumpliendo las propiedades que le corresponden como onda electromagnética, es una onda transversal, perpendicular al rayo luminoso, pero sin orientación determinada dentro del plano perpendicular al rayo. Cuando, por medio de algún procedimiento, como la reflexión o refracción simple, o por refracción doble, se consigue que la vibración sea en una determinada dirección, el haz luminoso se habrá polarizado y se hablará de *luz polarizada* plana o linealmente polarizada. Las vibraciones pasan sólo en una dirección, no saliendo del llamado *plano de vibración (V)*. Se llama *plano de polarización (P)* el que es perpendicular al anterior.

## DOBLE REFRACCIÓN

En ciertos medios transparentes el rayo incidente origina dos rayos refractados que marchan en direcciones distintas, y con velocidades distintas también, correspondiéndole, por lo tanto, a cada uno, un índice de refracción particular. Este fenómeno se denomina *doble refracción*, y los cuerpos que poseen esta propiedad se llaman *birrefringentes*. Solamente los sólidos transparentes, cristalizados en sistema distinto del cúbico, y aquellos que aún siendo amorfos son anisótropos, presentan dicha propiedad. Los líquidos y gases sólo pueden poseerla en condiciones anormales.

Esto se observa con mucha facilidad en el romboedro de calcita (*espato de Islandia*), por ser en él muy considerable la diferencia de los índices. Las letras vistas a través de él se ven dobles.



Nº inv.: 05 / 162  
Fecha desconocida  
Fabricante desconocido  
Vidrio  
6 x 6 x 6 cm

Tenemos pues aquí un *rayo ordinario*, que sigue las leyes generales de la refracción, debiéndose a él la imagen inmóvil, y otro *extraordinario* que no sigue estas leyes. En el espato, el índice de refracción del rayo extraordinario es menor que el del ordinario.

Se comportan de este modo todos los cristales pertenecientes a los sistemas trigonal, hexagonal y tetragonal, los cuales reciben el nombre de *uniáxicos*. Los cristales pertenecientes a los sistemas ortorrómbico, monoclinico y triclinico son también birrefringentes, pero ninguno de los dos rayos sigue las leyes ordinarias de la refracción, y se llaman *biáxicos*.

Entre los cristales birrefringentes los hay *uniáxicos* o de un sólo eje óptico, como el *espató de Islandia*, la *turmalina*, la *esmeralda*, el *zafiro*, el *rubí*, el *cuarzo*, etc. Entre los cristales *biáxicos*, el *aragonito*, el *yeso*, el *azúcar de caña*, etc.

## POLARISCOPIOS

Un rayo de luz que atraviesa un cuerpo birrefringente queda dividido en dos rayos que está polarizados; este cuerpo constituye un *polarizador*. Se llama *analizador*, aquel cuerpo que sirve para reconocer la luz polarizada; todo polarizador puede emplearse como analizador. Se llama **polariscopio** el sistema constituido por un polarizador y un analizador convenientemente asociados.

Los polarizadores más frecuentes son las *láminas de turmalina* y los *prismas de Nicol*. El prisma creado por el físico inglés *William Nicol* en 1828, tiene la ventaja sobre la turmalina de ser incoloro, mientras que ésta, en la variedad usual para estas experiencias, es verde y perjudica con su coloración en muchos casos.

## POLARISCOPIO DE NÖRREMBERG

Fue diseñado por el químico alemán *Ch. Nörrember* en 1830, para observar los fenómenos ópticos que se manifiestan en determinados cristales cuando son atravesados por un haz convergente de luz polarizada.

Tiene como polarizador una lámina de vidrio incoloro, que gira entre dos columnas verticales alrededor de un eje horizontal, para darle la inclinación conveniente; la luz polarizada por éste, desciende verticalmente sobre un espejo, fijo horizontalmente en el soporte; y vuelve desde éste atravesando la lámina de vidrio, de abajo para arriba, pasando por el hueco de un diafragma sujeto entre dichas columnas, yendo a incidir en una lámina de vidrio negro, colocada en la parte superior, que actúa como analizador, o bien en un prisma de Nicol o cualquier otro analizador, convenientemente alojado en un tubo o armadura adecuada. El analizador puede girar alrededor del eje del aparato, sobre un disco graduado.



N° inv.: 05 / 163  
Fecha: 1874  
Fabricante desconocido  
Metal y vidrio  
 $\Phi = 19 \text{ cm}$   $h = 48 \text{ cm}$



N° inv.: 05 / 164  
Fecha: 1874  
Fabricante: Grasselli  
Madera, latón y vidrio  
18 x 18 x 47 cm

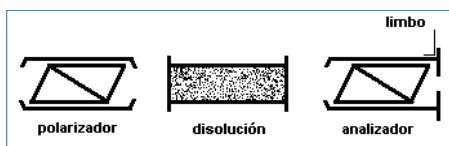
Con el polariscopio de Nörremberg, dispuesto de modo que el polarizador reciba los rayos con la inclinación conveniente, bastará hacer girar el analizador para observar que va cambiando la intensidad de la luz reflejada o refractada por éste, presentando dos máximos y dos mínimos en cada vuelta completa. Los máximos, cuando coinciden el plano determinado por el ángulo de incidencia en el polarizador y el de reflexión (si se trata de una lámina de vidrio negro) o la sección principal del espato (si se trata de un Nicol) en el analizador, y los mínimos, cuando dichos planos son perpendiculares. Si el analizador es un cristal de espato de Islandia o sistema birrefringente, que determine dos imágenes, los cambios de éstas serán inversos.

## POLARÍMETRO

Se llama *polarización rotatoria* a la modificación que ciertas sustancias producen en la luz polarizada que las atraviesa, consistente en hacer girar su plano de polarización.

Si entre el polarizador y el analizador cruzados de un polariscopio se interpone una lámina de cuarzo, u otros cuerpos dotados de esta propiedad, aún cuando no sean birrefringentes, como ocurre con determinados líquidos, reaparece la claridad, teniendo necesidad, para anularla nuevamente, de hacer girar el analizador un cierto ángulo, que medirá la desviación del plano de polarización.

Además del cuarzo y las disoluciones de azúcar, presentan esta propiedad la mayoría de las esencias y muchas disoluciones de diversos cuerpos químicos; en general, se denominan estas sustancias *activas*, y el ángulo de giro que producen es proporcional al espesor y a la concentración de la disolución. Las sustancias activas se llaman *dextrógiras* cuando producen rotación del plano de polarización hacia la derecha del observador, y *levógiras*, si es a la izquierda.



Se llaman **polarímetros** los aparatos dispuestos para medir la rotación del plano de polarización. Se componen principalmente de prismas de Nicol, uno que actúa de polarizador y otro que gira y sirve de analizador; entre ellos va dispuesto un tubo horizontal que contiene la sustancia, líquida o en solución, que se va a observar. Además, lleva intercalada una lámina de tinta sensible

Nº inv.: 05 / 165  
Fecha desconocida  
Fabricante: Carl Zeiss. Jena  
Metal y vidrio  
33 x 18 x 33 cm

y un ocular o pequeño anteojito que enfoca esta lámina. Iluminando con luz blanca, se gira el analizador sin colocar la sustancia activa hasta ver la tinta sensible y se lee en el círculo graduado que lleva el polarizador. Después se coloca la sustancia activa y se hace girar el analizador hasta que vuelva a aparecer la tinta sensible, y el ángulo que ha sido necesario hacer girar dicho prisma mide el poder rotatorio de la sustancia.

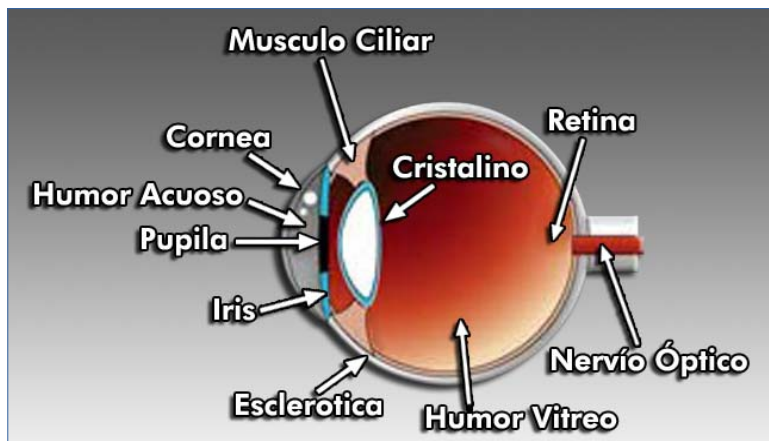
El **sacarímetro** está destinado para el análisis de los azúcares, aplicando su poder rotatorio.



Nº inv.: 05 / 166  
Fecha desconocida  
Fabricante: Schmidt & Haensch Berlín  
Metal y vidrio  
26 x 9 x 6 cm



# INSTRUMENTOS ÓPTICOS



El propósito de la mayor parte de los instrumentos ópticos es mejorar la visión. *Visión* es el fenómeno en virtud del cual conocemos en los cuerpos las cualidades que dependen de la luz. **Los ojos** son, probablemente, el órgano sensorial más importante; nos permiten ver y reaccionar frente a nuestro entorno. A través de ellos conocemos las formas, colores y texturas.

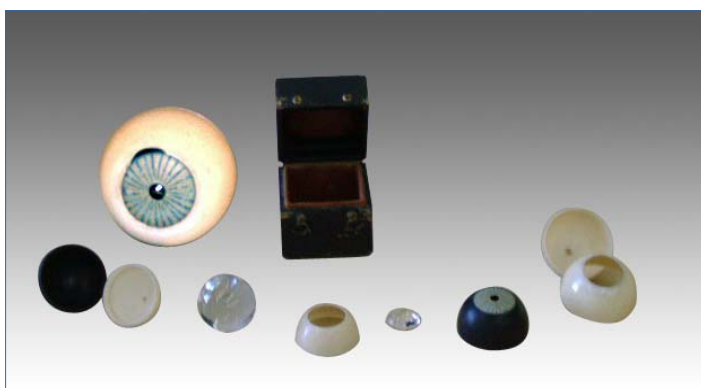
El ojo es un órgano esférico de aproximadamente 2,5 cm de diámetro. La parte frontal tiene una curvatura algo mayor, y está recubierta por una membrana transparente y resistente, llamada *córnea*. La región situada detrás de la córnea contiene un líquido, llamado *humor acuoso*. A continuación está el *cristalino*, cápsula que contiene una gelatina fibrosa, dura en el centro y que se hace progresivamente más blanda hacia las partes exteriores. El cristalino está sostenido en su lugar por ligamentos que lo unen al *músculo ciliar*. Detrás de la lente, el ojo está lleno de una gelatina ligera, que contiene en su mayor parte agua, y se llama *humor vítreo*. Los índices de refracción del humor acuoso y del humor vítreo son iguales, aproximadamente, al del agua; alrededor de 1,336. El cristalino, aunque no es homogéneo, tiene un índice medio de 1,437, que no difiere mucho de los índices del humor acuoso y del humor vítreo, de modo que la mayor parte de la refracción de la luz que entra en el ojo es producida por la córnea.

Una gran parte de la superficie interna del ojo está recubierta por una delicada película de fibras nerviosas, llamada *retina*. Las fibras nerviosas constituyen una prolongación del nervio óptico, y terminan en estructuras diminutas llamadas *bastones* y *conos*.

Delante del cristalino se encuentra el *iris*, en cuyo centro hay una abertura denominada *pupila*. La función de la pupila es regular la cantidad de luz que entra en el ojo. La pared exterior del ojo en su porción posterior está configurada por la *esclerótica* (da el color blanco al ojo). Esta porción blanca de la pared ocular tiene una función protectora.

Mediante un **ojo desmontable** podemos observar las distintas partes del ojo.

Nº inv.: 05 / 167  
Fecha: 1874  
Fabricante desconocido  
Marfil, madera, y cristal  
 $\Phi = 4,5 \text{ cm}$



El ojo normal puede considerarse físicamente como una *cámara oscura*, cuya abertura (*pupila*), situada en un diafragma regulador (*iris*), permite a los haces luminosos de dirección adecuada, convenientemente refractados en la parte anterior de aquél, atravesar la región central del cristalino. Esta lente, que, por su estructura y situación, evita las aberraciones, forma imágenes reales e invertidas de los objetos exteriores, suficientemente iluminados, precisamente en *la retina*, merced a su facultad de acomodación y a la especial convergencia del conjunto de medios que le rodean.

Se denomina *distancia de visión distinta* a la que deben situarse los objetos para ser vistos, sin esfuerzo, con la mayor claridad posible. En el ojo sano y normal suele ser de 25 a 30 cm.

La imagen formada en la retina sirve de base para formar juicio sobre diferentes circunstancias del objeto: magnitud, distancia, color, posición, relieve, etc.

Cada ojo recibe una visión ligeramente distinta del mismo objeto. El cerebro combina ambas imágenes para conseguir una interpretación tridimensional del objeto. Las dos imágenes formadas en las retinas, además de permitirnos ver con mayor claridad y limpieza los objetos, sirven para apreciar *el relieve* de los objetos, o, como si dijéramos, el volumen que aparentan los objetos dibujados en el plano.

## ESTEREOSCOPIO

El estereoscopio, ideado por *Charles Wheaststone (1838)*, permite observar el relieve. En un soporte adecuado, se colocan, a distancia conveniente y con suficiente iluminación, fotografías o dibujos dobles, hechos de modo que cada uno aparezca como lo vería el ojo del mismo lado; se miran estas fotografías a través de dos medias lentes convergentes, cuyos bordes delgados estén próximos, las cuales están a la distancia necesaria para producir a la de la visión distinta imágenes amplificadas, virtuales y superpuestas, de las fotografías, y resulta la sensación de una sola con relieve.



*Nº inv.: 05 / 168*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante: SOGERESA*  
*Madera, metal y vidrio*  
*33 x 18 x 20 cm*

*Vistas estereoscópicas de: Ávila, Burgos, Lérida, Logroño, Lugo, Pontevedra, Segovia, Tarragona y Toledo*

*Nº inv.: 05 / 169*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante desconocido*  
*Madera, metal y vidrio*  
*35 x 20 x 20 cm*



## INSTRUMENTOS ÓPTICOS

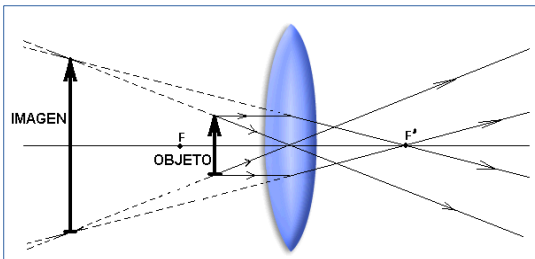
Se denominan instrumentos ópticos a los aparatos formados por medios refringentes, combinados a veces con espejos, que tienen por objeto facilitar o perfeccionar la visión, o producir imágenes de los objetos que puedan ser observadas cómodamente.

Según el efecto que producen se pueden clasificar en tres grupos: de *amplificación*, de *aproximación* y de *proyección*. Los primeros son los destinados a facilitar la visión de objetos muy pequeños; los segundos, la de objetos lejanos, y los últimos, la producción de imágenes reales, que pueden ser vistas simultáneamente por muchos observadores, o reproducirse y conservarse en condiciones convenientes.

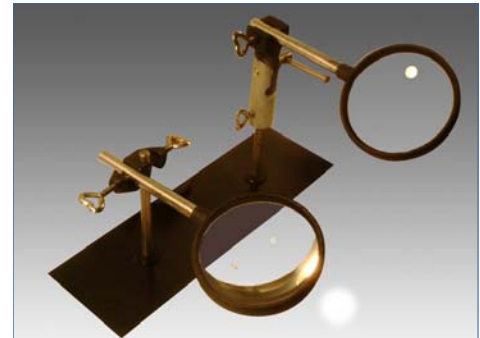
### INSTRUMENTOS DE AMPLIFICACIÓN: MICROSCOPIOS

La palabra *microscopio* (observar lo muy pequeño) indica el objeto de estos aparatos. Son una o más lentes combinadas, que se colocan de modo que mirando a través de ellas los objetos, se aprecien imágenes virtuales amplificadas de los mismos, a la distancia de la visión distinta.

Se consideran dos clases: *microscopio simple*, *lupa* o *lente de aumento*, y *microscopio compuesto*. Ordinariamente, sólo se aplica el nombre de microscopio al compuesto.



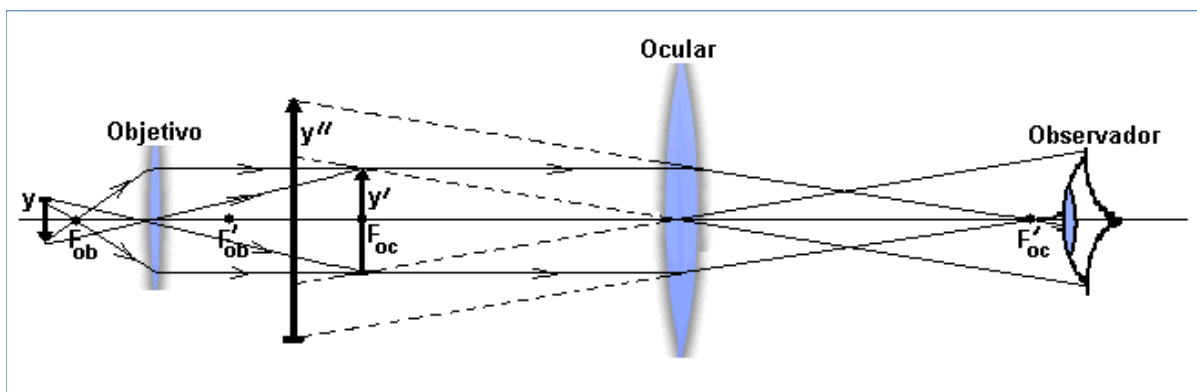
Nº inv.: 05 / 170  
Fecha desconocida  
Fabricante: Phylwe  
Metal y vidrio  
 $\Phi = 11 \text{ cm}$



La **lente de aumento o lupa** es una lente convergente que, por lo común, va montada en una anilla, provista de mango; otras veces va unida a un pie o soporte estable. Se desplaza la lente de manera que la imagen aparezca nítida, según la vista del observador. Esta operación se denomina *enfocar*. Se llama *aumento de la lente* al cociente de dividir el tamaño aparente de la imagen por el del objeto.

El **microscopio compuesto** (inventado por *Hans y Zacharias Jansen en 1590*) está formado por la combinación de al menos dos sistemas de lentes. Uno, cerca del objeto, se llama *objetivo*, y una lente de aumento llamada *ocular*. El objetivo tiene que producir una imagen real y ampliada del objeto, y el ocular da de dicha imagen real otra virtual más ampliada.

El objeto ha de hallarse situado a una distancia del objetivo mayor que la focal para producir la imagen real necesaria; pero lo más próximo posible al foco, para la mayor ampliación.





La imagen real es invertida; y, por lo tanto, la virtual conserva dicha posición; por esto los movimientos que se dan al objeto mientras se observa son de sentido contrario a los que aparecen en la imagen. El aumento en el microscopio compuesto es el producto de el del objetivo y el del ocular. Se llama *campo* del microscopio la región del espacio donde puede hallarse el objeto para que se produzca la imagen.

Para ver el comportamiento de los rayos, existen en el laboratorio unos **modelos de microscopio compuesto** apropiados para ello. Sobre un pie vertical hay una plataforma donde están situadas las distintas lentes que forman el microscopio. Dichas lentes pueden desplazarse a voluntad para observar el comportamiento de los rayos.



*Nº inv.: 05 / 171*  
*Número de ejemplares: 2*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante: SOGERESA*  
*Madera, metal y vidrio*  
*28 x 5,5 x 25 cm*

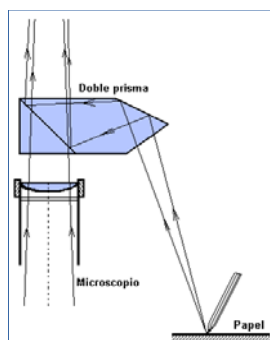
Los dos sistemas, objetivo y ocular, van adaptados a un tubo, que suele ser de latón, ennegrecido por dentro, mediante un engranaje, fácilmente manejable, puede moverse en la dirección de su eje, sobre un soporte estable; este movimiento permite enfocar, acercando o alejando el tubo a la *platina*, que está unida al mismo soporte. El objeto a estudiar se coloca entre dos vidrios: el *portaobjetos* y el *cubreobjetos*, éste último muy delgado. El conjunto se coloca sobre la platina y se ilumina por debajo mediante un espejo, regulándose la cantidad de luz con un *diafragma*. La pequeña distancia focal exige movimientos muy lentos para el enfocado.

El ocular va encajado en la parte superior del tubo; el objetivo, se atornilla en el extremo inferior. Los buenos microscopios van provistos de un accesorio llamado *revólver*, que se atornilla en dicha parte inferior, y consta de dos piezas, una fija y otra giratoria, en la cual van dispuestos varios objetivos, de modo que un pequeño movimiento de rotación permite cambiarlos y modificar el aumento durante la observación.



*Nº inv.: 05 / 172*  
*Número de ejemplares: 4*  
*Fabricante: Erns Leitz. WETZLAR*  
*Metal y vidrio*  
*11 x 19 x 32 cm*  
*1 con revólver para 3 objetivos*  
*3 con revólver para 2 objetivos*  
*Caja de madera: 18 x 21 x 35 cm*

Para *dibujar los objetos* puede usarse la **cámara clara**, constituida por prismas de reflexión total, encargados de modificar la dirección de los rayos luminosos, procedentes de un papel, juntos con los que envía el objeto, ya directamente o al través de otro instrumento de Óptica, de modo que su imagen virtual aparece como proyectada en el papel y puede dibujarse con facilidad.



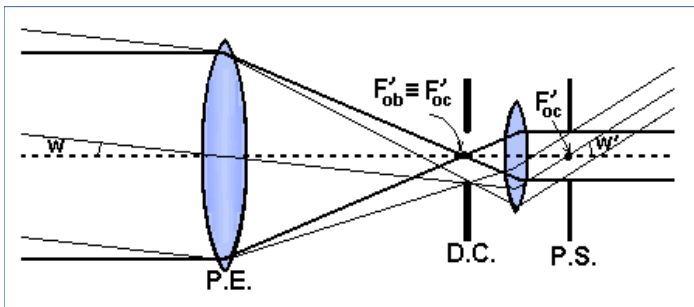
*Nº inv.: 05 / 173*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante: Kyowa, Tokio*  
*Metal y vidrio*  
*22 x 9 x 7 cm*



## INSTRUMENTOS DE APROXIMACIÓN: ANTEOJOS Y TELESCOPIOS

Son los destinados a ver los objetos con mayor diámetro aparente, como si estuvieran más próximos. Los hay de dos clases: los constituidos por medios refringentes y los que utilizan espejos cóncavos para la formación de la imagen; los primeros se llaman *anteojos*, y los segundos, *telescopios*. Los anteojos pueden tener distintas disposiciones, según las cuales reciben los nombres de anteojo *astronómico*, *terrestre*, *de Galileo*, y *prismáticos*.

El **anteojo celeste o astronómico** consta, como el microscopio compuesto, de dos lentes convergentes (o sistemas), denominados igualmente, objetivo y ocular, según su situación, y encargados de



análoga misión cada uno; pero el objetivo en este aparato es de gran distancia focal y mayor tamaño que en el microscopio, y como la imagen real de los objetos lejanos ha de formarse muy próxima a su foco principal, el ocular tiene que hallarse a la necesaria distancia, para dar la imagen virtual de aquella, y el aparato resulta de tanta mayor longitud cuanto mayor sea la distancia focal del objetivo.

or la misma razón, el campo es tanto más pequeño cuanto mayor es el aumento; se evita la dificultad de enfocar mediante otro pequeño anteojo de eje paralelo al del instrumento, de pequeño aumento y mucho campo, con el cual se dirige el aparato hacia el objeto con más comodidad. Este accesorio se llama *buscador*.

El ocular va dispuesto en un tubo de menor sección, que se puede introducir más o menos en el mayor, a fin de que el observador adapte a su vista el anteojo, hasta que la imagen se forme a la distancia de visión distinta. Delante del ocular se coloca un diafragma que tiene dos o más hilos finísimos cruzados, los cuales permiten determinar la posición y movimientos de los objetos en el campo; esta pieza se llama *retículo*.

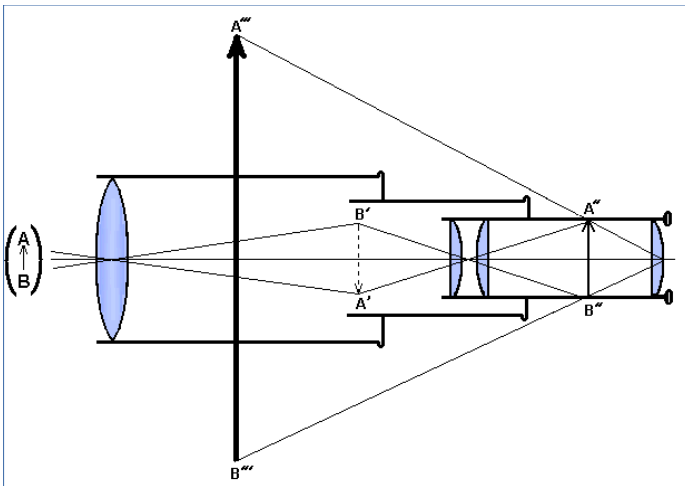
Nº inv.: 05 / 174  
Número de ejemplares: 2  
Fecha desconocida  
Fabricante: SOGERESA  
Madera, metal y vidrio  
24 x 5 x 25 cm



Tanto el microscopio compuesto como el anteojo astronómico, la imagen obtenida resulta invertida, circunstancia que no influye en el resultado de las observaciones. Pero, en el anteojo terrestre los objetos han de verse derechos.

El **anteojo terrestre** es una modificación del astronómico, que, invirtiendo las imágenes, para que resulten directas, permite aplicarle a la observación terrestre.

Consiste la modificación en sustituir el ocular por otro formado por cuatro lentes convergentes, de las cuales, las dos más exteriores desempeñan el mismo papel que las de un ocular usual, y las otras dos cambian la dirección de los rayos. Cada una de estas dos lentes está situada en el foco principal de la otra; de este modo, los rayos luminosos que atraviesan la primera se cruzan formando haces paralelos, que la segunda convierte en convergentes, formando la imagen directa en el lugar en que había de aparecer invertida.



Nº inv.: 05 / 175  
 Número de ejemplares: 2  
 Fecha desconocida  
 Fabricante: SOGERESA  
 Madera, metal y vidrio  
 42 x 5 x 25 cm

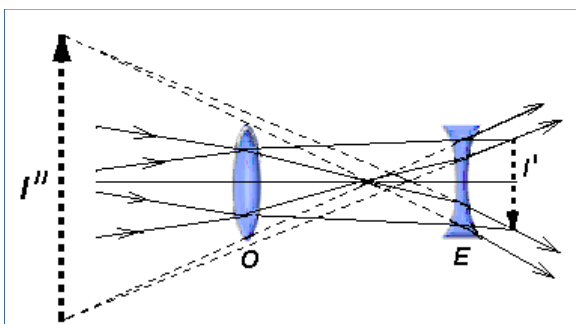
Los llamados **catalejos** suelen estar dispuestos de modo que ocupen poco volumen, merced a una serie de diferentes tubos, cada vez más delgados, que van unos introducidos dentro de otros.



Nº inv.: 05 / 176  
 Fecha: 1866  
 Fabricante: Negretti & Zambra. LONDON  
 Latón, cuero y vidrio  
 $\Phi = 4,5 \text{ cm}$   $h = 45 \text{ cm}$

El **anteojo de Galileo** debe su nombre a este científico, que construyó, en 1609, uno de los primeros anteojos de este tipo. Se utiliza como ocular una lente divergente en lugar de una convergente. Los rayos que parten de un objeto lejano, se hacen convergentes por el objetivo  $O$ . La imagen  $I'$  sirve de objeto virtual para el ocular  $E$ . La imagen final  $I''$  es virtual y derecha.

Este anteojo puede hacerse mucho más reducido que el de tipo astronómico, resultando más manejable. Esta disposición tiene la ventaja de que la luz atraviesa menos medios refringentes y conserva más intensidad. Su principal desventaja es que no puede abarcar un campo visual tan amplio como aquél sin utilizar objetivos de diámetro excesivamente grande. Los *gemelos de teatro o de campo* son anteojos de Galileo.



Nº inv.: 05 / 177  
 Número de ejemplares: 2  
 Fecha desconocida  
 Fabricante: SOGERESA  
 Madera, metal y vidrio  
 18 x 5 x 25 cm

## INSTRUMENTOS DE PROYECCIÓN

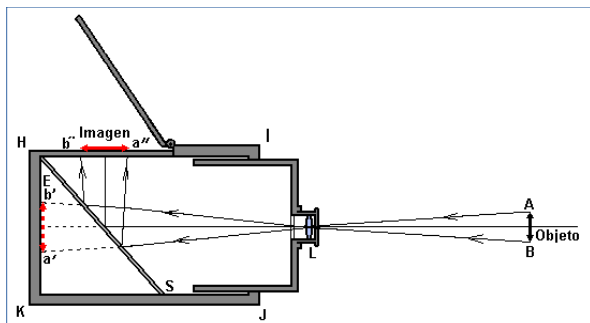
Los instrumentos de proyección son los destinados a la formación de imágenes reales, fácilmente observables, o virtuales que puedan reproducirse cómodamente.

Pueden ser de tres clases: los que producen imágenes reales y generalmente menores que los objetos (*cámaras oscuras*); los que producen imágenes reales por lo común amplificadas (*linternas, microscopios de proyección y cinematógrafos*); y los que producen imágenes virtuales aparentemente proyectadas (*cámaras claras*).

### CÁMARA OSCURA

Si un día de sol radiante, hacemos penetrar por un pequeño orificio un haz de rayos luminosos hasta el interior de una habitación en penumbra, observaremos que en la pared opuesta aparecen las imágenes exteriores. Son invertidas, y su tamaño dependerá de la distancia del objeto al orificio. Esa habitación constituye una cámara oscura.

Para que dicha imagen sea limpia, es indispensable que el orificio o abertura sea muy pequeña: pero como esto daría, en cambio, escasa claridad, se adapta a la entrada de los rayos una lente convergente. Esto constituye la llamada **cámara oscura corredera de Porta** (1560). La cámara oscura fue inventada por el óptico árabe *Alhazán*, en siglo XI, para observar los eclipses solares. Pero en 1550, cuando el milanés *Girolamo Cardano* añadió al mecanismo un disco de cristal, el uso de la cámara oscura cobró tales proporciones que la hacen merecedora del título de antecesora de la máquina fotográfica.



Está formada por una caja rectangular de madera (*HIJK*), por cuya cara delantera (*IJ*) penetran los rayos de un objeto (*AB*), situado más allá del foco principal de la lente *L* (*objetivo*), tendiendo a formarse una imagen real e invertida *ab* sobre la cara *HK*. Variando la distancia del fondo de la caja, se consigue el máximo de claridad, o se *enfoca*. A fin de conseguir que el espejo coincida siempre con el foco de la lente, cualquiera que sea la distancia del objeto, la cámara está compuesta por dos piezas, que pueden desplazarse una dentro de la otra; por esto se le llama también *máquina corredera*.

Para dibujar conviene dar una posición horizontal a la imagen, lo cual se consigue situando en el interior de la caja un espejo *ES* inclinado  $45^\circ$ , que refleja los rayos sobre *a''b''*, y la presenta sobre un vidrio esmerilado en posición recta y de las mismas dimensiones que *ab*.

Las cámaras oscuras son de formas muy diversas y su principal aplicación es la fotografía.

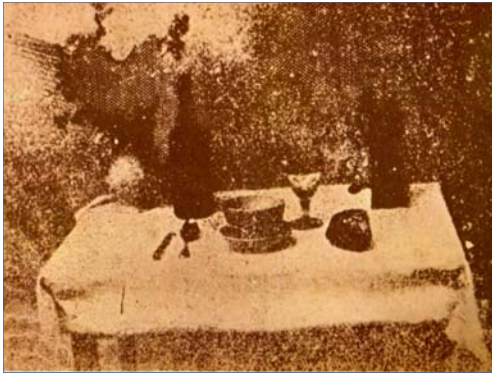


Nº inv.: 05 / 178  
Fabricante desconocido  
38 x 16 x 12 cm

## FOTOGRAFÍA

**Fotos** = luz; **grafein** = dibujar (en griego). El significado etimológico de la palabra **fotografía** es **dibujar con luz**. La fotografía se “inventó” cuando la Química y la Física evolucionaron hasta saltar al plano de la ciencia con un fundamento científico, hasta ese momento sólo eran Alquimia y Filosofía.

El primer paso fue dado por el médico alemán *Johann H. Schulze* (1727), descubre que el nitrato de plata se oscurece cuando se expone a la luz. La primera imagen fotográfica la toma *Joseph Nicéphore Niépce* (1827) después de ocho horas de tiempo de exposición. En 1824 había logrado, tras once años de infructuosas tentativas, obtener algunas copias de un paisaje sobre placas metálicas embadurnadas de betún de Judea.



Probablemente la fotografía más antigua conocida de Niépce. Data de 1822. (Sociedad francesa de fotografía)



Una de las primeras cámaras de daguerrotipia (1839)

En 1839, el francés *Louis Daguerre* desarrolla el primer método práctico de fotografía, empleando como sustancia sensible a la luz el yoduro de plata. El arqueólogo y matemático inglés *William Fox Talbot*, utilizaba la cámara oscura para sus actividades. En 1839 inventa el *calotipo*, que es un proceso de negativo-positivo que permite hacer copias de las fotografías. Más tarde, en 1851, el escultor inglés *Frederick Scott-Archer* desarrolla el *proceso colodión*, que consistía en un proceso fotográfico donde sus negativos eran una placa de cristal recubierta con una mezcla de sales de plata. Este proceso permitía hacer las copias en papel.



Anuncio de cámaras Kodak

En 1888, el norteamericano *George Eastman* introduce la cámara fotográfica ligera y barata de Kodak, usando película. El siguiente paso que dió la compañía Eastman Kodak fue la fabricación industrial de equipos y material fotográfico. La cámara de Eastman salía de fábrica cargada con un rollo de papel sensibilizado para un total de 100 poses; los negativos obtenidos eran circulares, con un diámetro de cinco centímetros. Cuando el “aficionado” terminaba su rollo, enviaba la cámara a la fábrica, en Rochester, ciudad natal del inventor,. Había nacido así un nuevo concepto de “laboratorio fotográfico”. El éxito fue inmediato y considerable. A partir de ese momento,, cualquier persona carente de experiencia, sin más esfuerzo que adquirir una cámara poco costosa y situarse frente a un sujeto bien iluminado, podía ser “fotógrafo”; bastaba con “apretar un botón” y el hecho mágico se producía.

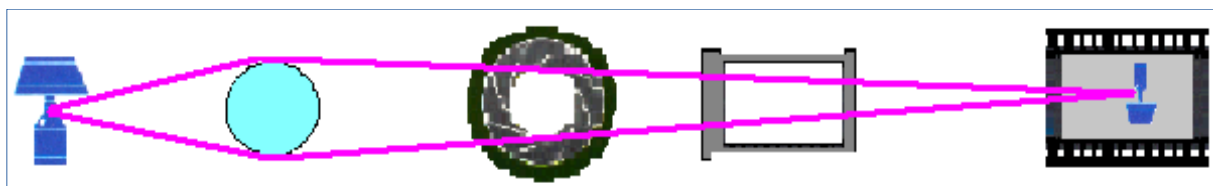
### Primeros carretes fotográficos



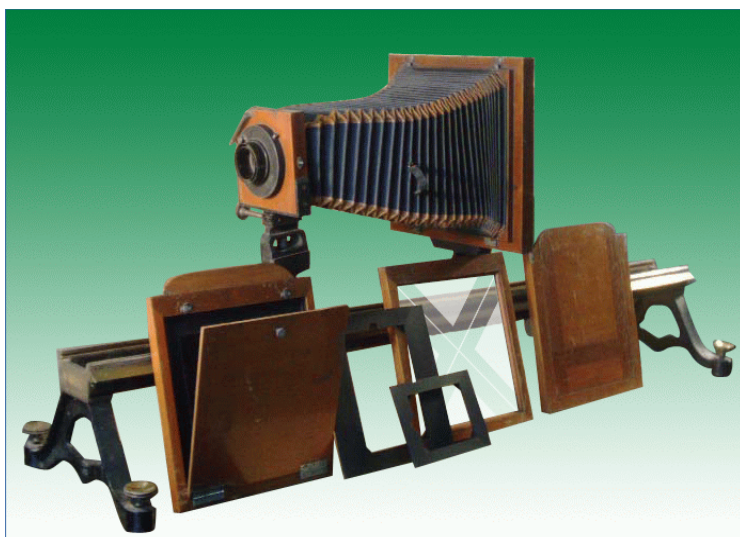
Por lo que se refiere al color, se trata de un descubrimiento paralelo a la historia de la fotografía. En este campo cabe destacar a *Arago*, *Lippman*, *Ducos du Hauron*, *Cross* y los *hermanos Lumière*. El sistema más práctico y sencillo y, con unos resultados lo suficientemente buenos para alcanzar una difusión rápida fue de los hermanos *Louis* y *Auguste Lumière* en 1907.

La fotografía comprende dos series de operaciones:

**1ª Obtención del negativo**, en las que las zonas claras y las oscuras están invertidas.



- 1) **Luz incidente:** La luz que ilumina el objeto se refleja en el objetivo.
- 2) **Objetivo:** Lente (o conjunto de lentes) que refleja los rayos de luz.
- 3) **Diafragma:** Dispositivo de placas de metal para controlar la cantidad de luz que entra en la cámara.
- 4) **Obturador:** Puede regularse para que se abra y cierre a diferentes velocidades que controlan el tiempo que la película se de expone a la luz.
- 5) **Plano focal y película:** Donde la luz del objetivo forma una imagen nítida, coincidiendo con la posición de la película.



Nº inv.: 05 / 179  
Fecha desconocida  
Fabricante: Ernst Leitz. WETLAR  
Madera, latón y vidrio  
31,5 x 33 x 80 cm

Nuestra cámara tiene un fuelle extensible hasta 80 cm. Se pueden obtener formatos máximos de 13x18cm, pero tiene un dispositivo intermedio para placas de 9x12cm. La cámara se desliza sobre un soporte mediante unas pinzas-tornillos.

**2ª Desarrollar la imagen:** En la película o placa impresionada por la luz, la imagen es sólo latente.

- 1) **Revelado:** Para que aparezca la imagen ha de intervenir algún reactivo químico, llamado *revelador*. Se retira la película y se introduce en un bastidor adecuado y se sumerge en el revelador (por supuesto, sin luz alguna). Por la acción de éste se hace visible la imagen latente impresionada sobre la emulsión.
- 2) **Baño de paro:** Para detener el proceso de revelado.
- 3) **Fijado:** Sirve para volver transparente la película en las partes no impresionadas (y por ello no ennegrecidas por el revelador).
- 4) **Lavado final:** Para eliminar los residuos de las sales y de las sustancias químicas con las que está impregnada la emulsión.
- 5) **Secado** y adecuada protección de los negativos conseguidos.

Es evidente que el esmero con que hayamos revelado los negativos determinará en buena parte la calidad de la imagen positiva final.

**3ª Positivado:** Es el proceso de copiado o ampliación del negativo sobre papel sensible o sobre placa.

1) **Copiado:** Se coloca el negativo sobre el papel fotográfico. El conjunto se prensa adecuadamente y se ilumina unos segundos. Para la ampliación, se proyecta el negativo sobre el papel con una “ampliadora”.

2) **Revelado y Fijado:** Igual que se hizo para el revelado de los negativos.

3) **Secado y esmaltado:** Las copias obtenidas se secan y después si se les quiere dar brillo se utiliza una esmaltadora eléctrica.

La **esmaltadora** es simplemente una placa de metal muy bien pulida sobre la cual se colocarán las copias obtenidas. Mediante un poco de calor y una tela adecuada van secándose poco a poco.



Nº inv.: 05 / 180  
Fecha desconocida  
Fabricante desconocido  
Madera, latón y vidrio  
48 x 41 x 10 cm

## PROYECTORES

Los *proyectores*, también llamados *linternas de proyección*, son aparatos de disposición inversa a las cámaras oscuras, puesto que los rayos luminosos proceden del interior de una cámara oscura y van a formar la imagen real, y de ordinario ampliada, sobre una pantalla exterior.

Para la producción de la luz pueden emplearse distintos medios; lo normal es que sea un foco eléctrico. El haz luminoso se concentra mediante un sistema convergente, llamado *condensador*, dispuesto en una abertura de la cámara, de modo que ilumine con la mayor intensidad el objeto situado en una pieza unida a dicha abertura y de condiciones adecuadas para facilitar la colocación, movimiento y sustitución de los objetos.

Los objetos suelen ser fotografías hechas sobre *vidrios y transparencias*. Reciben el nombre de **proyector de diapositivas**:

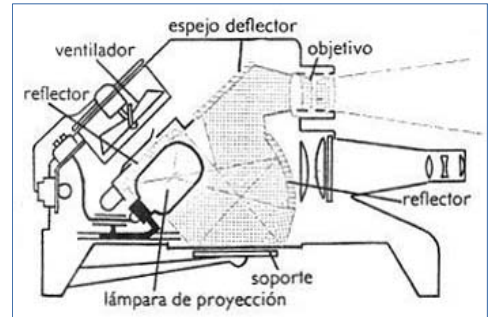


Nº inv.: 05 / 181  
Fecha desconocida  
Fabricante: ENOSA  
Metal, plástico y vidrio  
32 x 14,5 x 24 cm

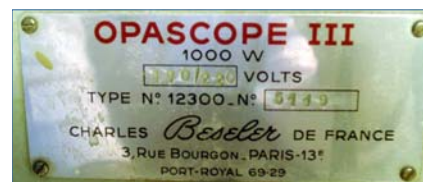
Si el objeto es opaco, se ilumina por reflexión, y el aparato se llama **epidiáscopo** o **epidiascopio**. Es un aparato de gran rendimiento luminoso para objetos opacos, impresos, ilustraciones de libros, etc. Se obtiene una gran claridad de la imagen debido a tres espejos contrapuestos que concentran toda la luz producida por una potente lámpara que lleva en su interior. También lleva un ventilador para evitar el sobrecalentamiento del aparato.



Nº inv.: 05 / 182  
Fecha desconocida  
Fabricante: Droll  
Metal y vidrio  
72 x 24 x 18 cm



Nº inv.: 05 / 183  
Fecha: 1933  
Fabricante: Reichert. Viena (Austria)  
ZEISS, IKON  
Metal y vidrio  
66 x 23 x 38 cm



Nº inv.: 05 / 184  
Fecha desconocida  
Fabricante: Charles BESELER. París  
Metal y vidrio  
53 x 37 x 50 cm



## PROYECTORES DE CINE

El **proyector de cine** tiene por objeto reproducir, mediante las proyecciones luminosas, escenas animadas, utilizando la duración de las sensaciones visuales.

Los objetos cuyas imágenes se proyectan son vistas fotográficas tomadas sucesivamente (*película*) y dispuestas en su mismo orden sobre una tira de celuloide más o menos largo, que se va desarrollando de una bobina y pasando por delante del objetivo, merced a un pequeño motor, al mismo tiempo que un obturador giratorio descubre el objetivo en el preciso momento de estar bien colocada cada fotografía (*fotograma*), volviéndola a tapar mientras es sustituida por otra. La película se va rebobinando en otra bobina dispuesta para ello.

La proyección en la pantalla de cada fotograma dura una fracción de segundo muy pequeña, y antes que desaparezca la sensación correspondiente, se produce la inmediata, dando lugar con los graduales cambios de posición de las imágenes a la sensación continua de movimiento.

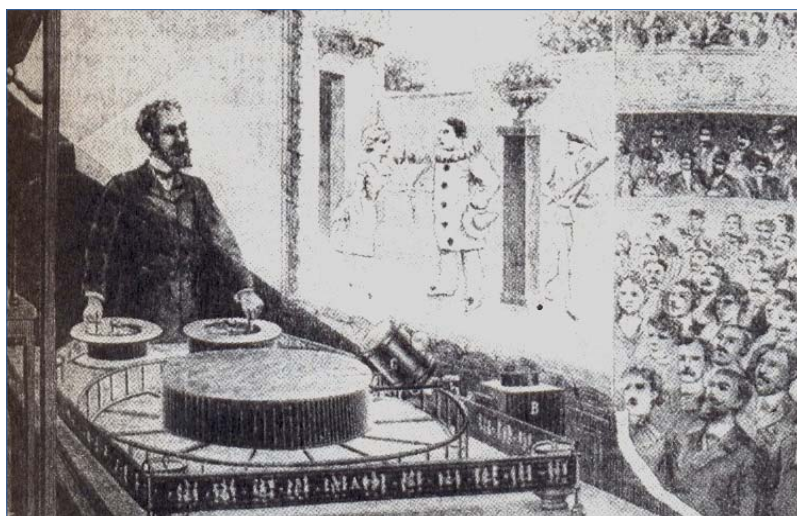
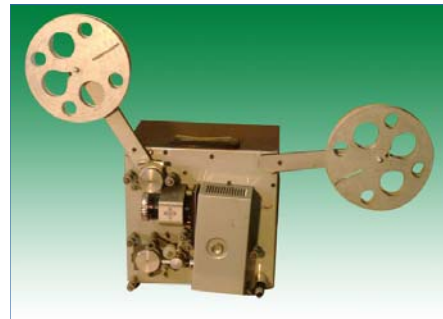


*Nº inv.: 05 / 185*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante: Eastman Kodak, Co*  
*Rochester, N.Y. USA*  
*Metal y vidrio*  
*33,5 x 20 x 37 cm*

*Estuche de madera forrada*  
*3 bobinas*  
*Una caja con útiles para empalmar película*  
*Un bote con aceite para engrasar*

*Nº inv.: 05 / 186*  
*Fecha desconocida*  
*Fabricante: LCM. Elecemsa*  
*Metal y vidrio*  
*29 x 26 x 27 cm*

*Estuche de metal*  
*2 bobinas*



1861. Teatro óptico de Emile Reynaud, donde se proyectaban imágenes

