

Physica

Conceptos fundamentales de Física en 2º de Bachillerato

I.E.S. Aguilar y Cano

Óptica geométrica

J.M.L.C.

Modelo corpuscular de Newton

En la Antigüedad, el concepto científico era puramente especulativo. Los sabios sólo sugerían la posibilidad de formar sistemas generales que explicasen multitud de hechos aparentemente inconexos. Así se entiende que durante siglos se razonara que la luz consistía en un chorro de partículas emitidas por la fuente luminosa. Los demás cuerpos se ven debido a que reflejan algunos de los corpúsculos que los golpean. Al llegar las partículas emitidas y reflejadas al ojo, producen la sensación de ver.

Al principio esta idea justificaba en parte los fenómenos observados (por ejemplo, la reflexión de la luz en un espejo), pero a medida que se descubrían otros fenómenos, las teorías se hacían más complejas, con el fin de poder justificarlos.

La fuerza y popularidad de los científicos que mantenían la teoría corpuscular de la luz explica que, durante bastante tiempo, se admitieran y sostuvieran razonamientos que iban siendo poco a poco refutados por las nuevas experiencias o descubrimientos.

En este aspecto hay que destacar a Newton. La naturaleza granular de la luz y la teoría de la emisión eran amparadas por su autoridad. Por este motivo, la tesis ondulatoria tuvo que abrirse paso muy lentamente.

El genial Isaac Newton, en el transcurso de sus investigaciones y razonamientos, conoció fenómenos tales como la refracción, la composición de la luz blanca, la difracción y las

interferencias. Pero era corpusculista acérrimo y le fue difícil justificar estos fenómenos.

Para Newton, la fuente luminosa emite partículas de diferentes tamaños que poseen, cuando pasan de un medio a otro, “disposiciones” para ser reflejadas o para penetrar en el medio. Estas disposiciones o estados tienen un carácter periódico. Sus intervalos son grandes para los rayos rojos y pequeños para los violetas.

Para él, existía una fuerza de atracción entre las partículas luminosas y la materia, acentuada en sus bordes, lo que provocaba la difracción. Esta atracción posee una periodicidad definida. Es evidente lo sofisticado de sus razonamientos para intentar explicar estos hechos. Hay que observar, sin embargo, que esta tesis lleva implícita la teoría ondulatoria. Descubierta la dualidad onda-materia, se ha intentado ver en las ideas de Newton una teoría precursora. No es cierto. Las explicaciones de Newton no dejan de ser un intento de justificar aquello a lo que se aferraba obstinadamente.

Modelo ondulatorio de Huygens

Christiann Huygens afirmaba que, al igual que el sonido, la luz es un movimiento ondulatorio. Así, como las ondas sonoras se propagaban en el aire, las ondas luminosas necesitan también de

un medio, extremadamente sutil y de perfecta elasticidad, que les permita propagarse y que llene el vacío: el éter.

Necesitaba, pues, afirmar la existencia del éter, teoría que posteriormente fue desechada, así como la igualdad entre ondas sonoras y luminosas.

Su teoría, generalizada a la propagación de las ondas, permite explicar los fenómenos ondulatorios conocidos: reflexión, refracción, interferencias, etc.

Así, la refracción la justificaba afirmando que en los medios densos, dada su mayor resistencia, la luz se propaga más lentamente.

Pero la teoría ondulatoria tiene sus límites. Huygens no encontró una explicación satisfactoria para la propagación rectilínea de la luz y para ciertos fenómenos de polarización. El motivo de las deficiencias de esta teoría es que, como se demostró más tarde, las ondas luminosas no son longitudinales, como las consideraba Huygens, sino transversales.

Pero tanto las ondas sonoras como las que se forman en el agua necesitan de un medio para poder propagarse. Durante todo el siglo XIX se consideró que las ondas luminosas eran ondulaciones en un medio muy sutil y ligero al que se llamó éter, sustancia invisible que invadía todo.

A. J. Fresnel se dio cuenta de que la explicación de los fenómenos luminosos

Contenido

Modelo corpuscular de Newton.....	1
Modelo ondulatorio de Huygens.....	1
James Clerk Maxwell.....	2
Espejos esféricos.....	2
Lentes.....	3

hay que buscarla en la teoría ondulatoria. Intentó la explicación de los fenómenos manifestados por la luz y estableció que las vibraciones en la luz no pueden ser longitudinales, sino transversales, como las ondas generadas en la superficie del agua al caer una piedra. La victoria de la teoría ondulatoria estaba ya decidida.

James Clerk Maxwell

En 1849 L. Fizeau midió la velocidad de la luz en distintos medios materiales, y más adelante, la midió de nuevo L. Foucault. Ambos pusieron de manifiesto que dicha velocidad era menor en medios más densos, lo que estaba de acuerdo con la teoría ondulatoria.

Pero el gran impulsor de este modelo fue Maxwell, quien en 1865 teóricamente llegó a la conclusión de que cuando una corriente eléctrica circulaba por una espira metálica se perdía energía, que se dispersaba en todas direcciones en forma de ondas. Un campo eléctrico variable con el tiempo originaba a su alrededor un campo magnético también variable, el cual a su vez originaba otro campo eléctrico variable y así sucesivamente.

Estas perturbaciones electromagnéticas se propagaban a la velocidad de la luz y como onda transversal, por lo que se llegó a sugerir que la luz no era otra cosa que una onda de tipo electromagnético que no necesitaba ningún medio material para propagarse, es decir, no era una onda mecánica.

Durante unos años coexistieron ambas ideas, pero en 1873 Maxwell publicó su teoría, que unificó el modelo ondulatorio, en el que la óptica no era más que un problema de electromagnetismo. En 1888 H. Hertz confirmó experimentalmente las teorías de Maxwell, generando ondas electromagnéticas en circuitos oscilantes y observando que este tipo de ondas se reflejaban, refractaban, difractaban, etc.,

como las ondas luminosas. Maxwell unificó el conocimiento científico referente a ondas electromagnéticas, lo que constituyó un avance científico similar a los trabajos realizados por Newton referentes a la mecánica. En años posteriores se observó que fenómenos diversos como rayos X, ondas de radio, radiación gamma, etc., no eran más que ondas electromagnéticas de distinta frecuencia.

Espejos esféricos

Espejos esféricos son aquellos cuya superficie constituye un casquete esférico. Se llaman cóncavos cuando la superficie reflectora del espejo es la interior, y convexos cuando lo es la exterior.

En los espejos esféricos tenemos que distinguir los siguientes elementos:

Radio de curvatura, **R**. Es el radio de la esfera a la que pertenece el espejo.

- Centro de curvatura, **C**. Es el centro de la esfera a la que pertenece el espejo.
- Centro del espejo, **O**. Es el centro de su superficie.
- Eje principal o **eje óptico**. Es la recta que pasa por su centro O y su centro de curvatura.
- Los rayos que inciden sobre el espejo paralelos al eje óptico, se reflejan y cortan al eje en un punto si son cóncavos, o sus prolongaciones si son convexos. Si los rayos son cercanos al eje (rayos paraxiales), estos puntos prácticamente coinciden en uno solo.
- Foco es el punto F del eje por el que pasan los rayos paraxiales (o sus prolongaciones) que inciden paralelos al eje.
- Distancia focal, **f**. Es la distancia entre el centro O y el foco F. En un espejo

esférico la distancia focal es igual a la mitad del radio de curvatura. **R**.

Formación de imágenes por espejos esféricos

Si queremos situar la posición de la imagen de un punto objeto, no es necesario trazar todos los rayos que salen de dicho punto, será suficiente con dos de ellos. No obstante, disponemos de tres que son fáciles de dibujar:

El rayo AM paralelo al eje que se refleja de forma que él o su prolongación pasa por el foco F.

La prolongación de un rayo AN que incide normalmente al espejo pasa por el centro de curvatura C.

El rayo AF que se dirige hacia el foco, que se refleja paralelo al eje.

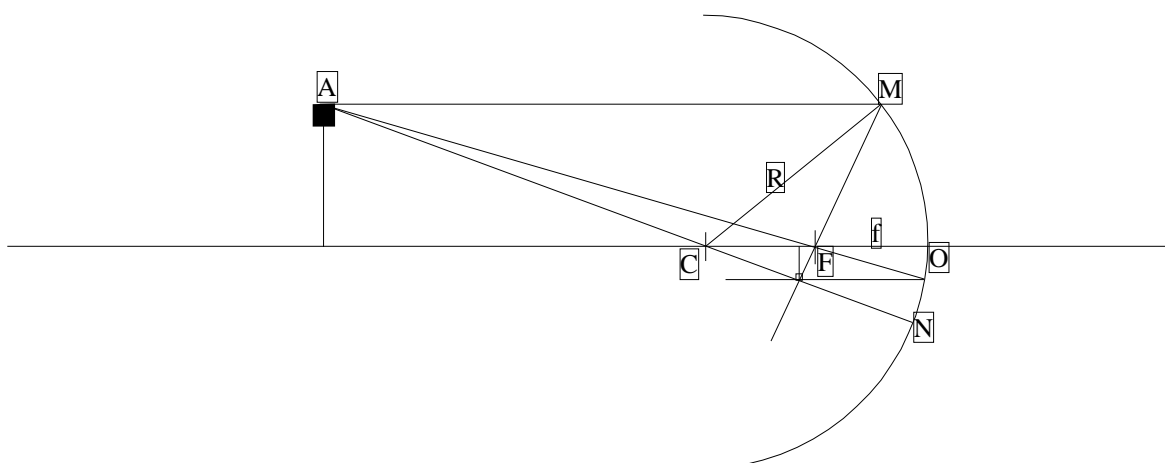
Al estudiar la formación de imágenes en los espejos esféricos suele considerarse como objeto una flecha perpendicular al eje principal y cuyas características son: naturaleza (real o virtual), tamaño relativo (mayor o menor que el objeto) y orientación respecto del objeto (derecha o invertida).

• Imagen formada por los espejos cóncavos

Existen varias posibilidades:

- a) Si el objeto está lejano (más allá del centro, C), la imagen es real, invertida y menor que el objeto.
- b) Si el objeto está entre el centro, C y el foco, F, la imagen es real invertida y de mayor tamaño.
- c) Si el objeto está entre el foco, F y el espejo, O, las prolongaciones de los rayos reflejados forman la imagen virtual, derecha y de mayor tamaño.

• (Imagen formada por los espejos convexos



Dibujo 1 Espejos cóncavos

En cualquier posición del objeto, un espejo esférico convexo produce una imagen virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

Lentes

Cuando la luz atraviesa un objeto transparente sufre una desviación en su trayectoria debido a la refracción. Es especialmente interesante lo que sucede cuando el objeto está limitado por dos superficies esféricas o una esférica y una plana. Dicho objeto constituye una lente.

La refracción se produce en las dos superficies de la lente. En las lentes

suficientemente delgadas se pueden simplificar los diagramas suponiendo que toda la desviación de los rayos tiene lugar en el plano central.

Si es más gruesa por el centro que por sus bordes, se denomina convergente. En estas lentes, los rayos que inciden paralelos al eje óptico y próximos a él se refractan y cortan al eje en un punto llamado foco imagen F' .

De la misma manera, los rayos que emergen paralelos al eje óptico han pasado por un punto del mismo denominado foco objeto, F .

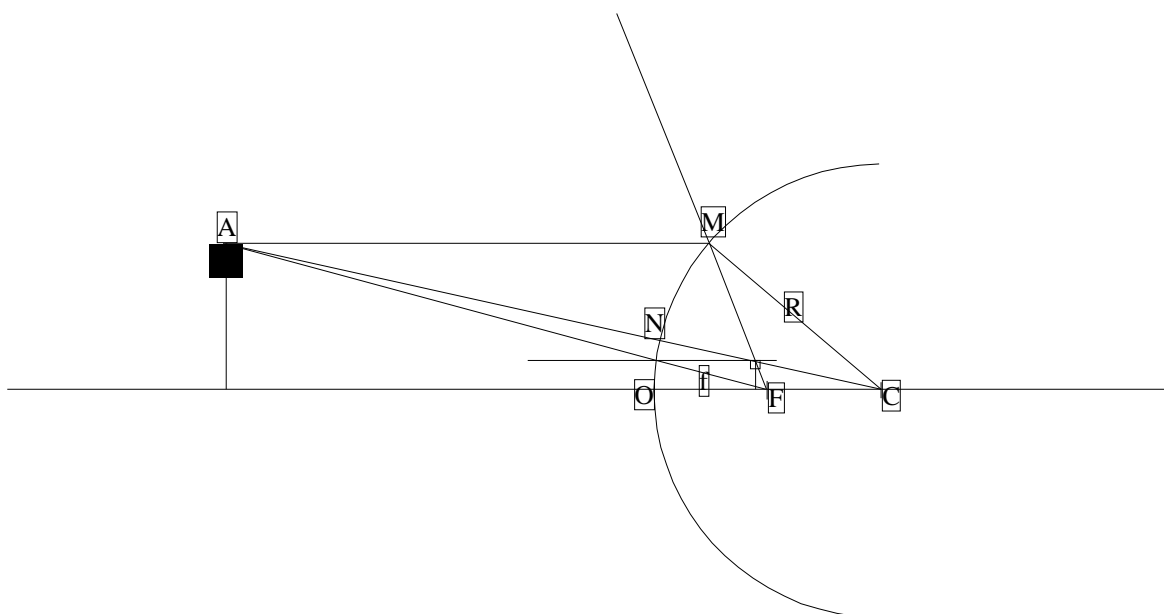
Las distancias entre los focos y el

centro de la lente se denominan distancias focales.

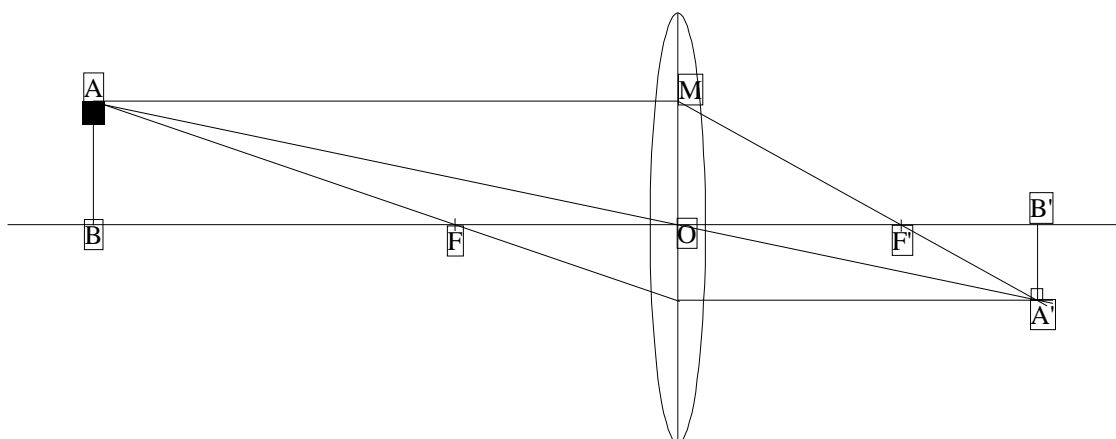
El foco objeto está delante de la lente y el foco imagen detrás.

Son divergentes las lentes que son más gruesas por los bordes que por el centro. En éstas, los rayos paraxiales que inciden paralelos al eje óptico se refractan separándose, y son sus prolongaciones las que cortan al eje en un punto que es el foco imagen, F' .

De la misma manera, las prolongaciones de los rayos que emergen paralelos al eje óptico pasan por un punto



Dibujo 2 Espejos convexos



Dibujo 3 Lentes convergentes

del mismo denominado foco objeto, F.

Formación de imágenes por lentes delgadas

El comportamiento de las lentes depende de que sean convergentes o divergentes y además de la situación del objeto con respecto a ellas, por lo que hay que estudiar los diversos casos por separado.

En general de todos los rayos que parten de un punto A de un objeto, podemos fijarnos en los que inciden sobre una lente en una zona alrededor del eje. Todos ellos se refractan y convergen o divergen según los casos, pasando ellos o sus prolongaciones por un mismo punto A', que será la imagen de A.

Si queremos situar la posición de la imagen, no necesitamos trazar todos los rayos, será suficiente con dos de ellos. No obstante disponemos de tres que son

fáciles de dibujar:

El rayo que incide paralelo al eje, se desvía y pasa por el foco imagen F'. Si la lente es divergente, por F' pasa la prolongación del rayo emergente.

El rayo que pasa por el foco objeto emerge paralelo al eje.

El rayo que pasa por el centro de la lente no se desvía.

•() Formación de imágenes por lentes convergentes

Con una lente convergente pueden ocurrir los siguientes casos:

- 1) Objeto lejano. Trazamos el rayo AM paralelo al eje que se desvía y pasa por F'. El rayo que pasa por el centro AO no se desvía. Ambos se cortan en A', que es la imagen de A. Como B está en el eje, también lo estará su imagen B'. La imagen es real,

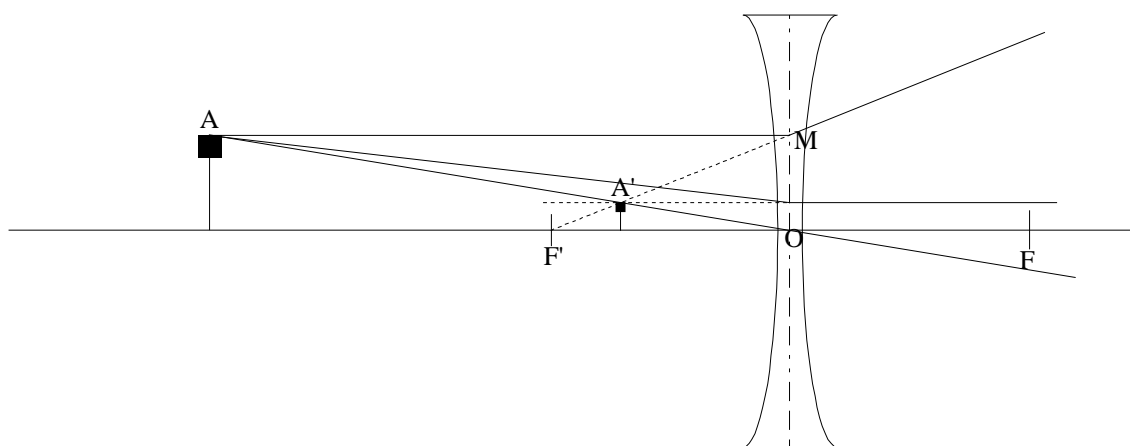
invertida y su tamaño depende de la distancia del objeto a la lente.

- 2) Objeto entre el foco y la lente. Trazamos el rayo paralelo AM que se desvía pasando por el foco F'. El rayo que pasa por el centro AO no se desvía. Ambos divergen entre sí. Sus prolongaciones se cortan en A', que es la imagen de A. La imagen es, por tanto, virtual derecha y de mayor tamaño.

•() Formación de imágenes por lentes divergentes

Cualquiera que sea la posición del objeto, el rayo AM paralelo al eje se desvía al llegar a la lente y su prolongación pasa por F'. El rayo que pasa por O no se desvía. Ambos se cortan en A'.

En todos los casos la imagen es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.



Dibujo 4 Lentes divergentes