

Temario de oposiciones

FÍSICA Y QUÍMICA II

Jose Antonio Montiel Tosso
Francisco Javier Montiel Tosso



TEMARIO DE OPOSICIONES DE

FÍSICA Y QUÍMICA

VOLUMEN II

Jose Antonio Montiel Tosso
Francisco Javier Montiel Tosso



Autores: Jose Antonio Montiel Tosso y Francisco Javier Montiel Tosso

Edita: Educàlia Editorial, S.L.

ISBN: 978-84-17734-30-5

Depósito legal: V-597-2019

Printed in Spain/Impreso en España.

Todos los derechos reservados. No está permitida la reimpresión de ninguna parte de este libro, ni de imágenes ni de texto, ni tampoco su reproducción, ni utilización, en cualquier forma o por cualquier medio, bien sea electrónico, mecánico o de otro modo, tanto conocida como los que puedan inventarse, incluyendo el fotocopiado o grabación, ni está permitido almacenarlo en un sistema de información y recuperación, sin el permiso anticipado y por escrito del editor.

Alguna de las imágenes que incluye este libro son reproducciones que se han realizado acogiéndose al derecho de cita que aparece en el artículo 32 de la Ley 22/18987, del 11 de noviembre, de la Propiedad intelectual. Educàlia Editorial agradece a todas las instituciones, tanto públicas como privadas, citadas en estas páginas, su colaboración y pide disculpas por la posible omisión involuntaria de algunas de ellas.

Educàlia Editorial

Av. de les Jacarandes, 2, loft 327. 46100, Burjassot, Valencia

Tel. 610 900 111

Email: educaliaeditorial@e-ducalia.com

<https://www.e-ducalia.com/>

ÍNDICE DE TEMAS

VOLUMEN II

26.- Óptica geométrica. Principio de Fermat. Formación de imágenes en espejos y lentes. Análisis y construcción de los instrumentos ópticos. El ojo y los defectos de la visión.

27.- Óptica física. Propiedades de las ondas luminosas. Observación en el laboratorio. Teoría física del color. Espectrofotometría.

28.- Desarrollo histórico de la unificación de la electricidad, el magnetismo y la óptica.

29.- Limitaciones de la física clásica. Mecánica relativista. Postulados de la relatividad especial. Algunas implicaciones de la física relativista.

30.- Teoría cuántica. Problemas precursores. Límites de la física clásica para resolverlos. Fenómenos que corroboran la teoría cuántica.

31.- Controversia sobre la naturaleza de la luz. Dualidad onda-corpúsculo. Experiencias que la ponen de manifiesto. Interacción radiación-materia. Relaciones de incertidumbre.

32.- Sistemas materiales. Mezclas, sustancias puras y elementos. Transformaciones físicas y químicas. Procedimientos de separación de los componentes de una mezcla y de un compuesto. Lenguaje químico: normas IUPAC.

33.- Teoría atómica de Dalton. Principio de conservación de la masa. Leyes ponderales y volumétricas. Hipótesis de Avogadro. Estequiometría.

34.- Modelos atómicos. Evolución histórica y justificaciones de cada modificación.

35.- El núcleo atómico. Modelos. Energía de enlace. Radiactividad natural. Radioactividad artificial. Aplicaciones de la radioactividad en diferentes campos. Medidas de seguridad.

36.- Fuerzas fundamentales de la naturaleza: gravitatoria, electromagnética, fuerte y débil. Partículas implicadas. Estado actual de las teorías de unificación.

37.- Energía nuclear. Principio de conservación masa-energía. Fisión y fusión nuclear. Su utilización. Situación actual. Problemática de los residuos nucleares.

38.- Partículas elementales. Estado actual de su estudio. Partículas fundamentales constitutivas del átomo. Del microcosmos al macrocosmos. Teorías sobre la formación y evolución del universo.
39.- Sistema solar. Fenómenos de astronomía de posición. Observación y medida en astrofísica. Evolución estelar. Estructura y composición del universo.
40.- Evolución histórica de la clasificación de los elementos químicos. Periodicidad de las propiedades y relación con la configuración electrónica. Estudios experimentales de algunas de las propiedades periódicas.
41.- El enlace químico. Aspectos energéticos. Clasificación de los enlaces según la electronegatividad de los átomos que los forman. Estudio del tipo de enlace de acuerdo con las propiedades de las sustancias.
42.- Enlace covalente: orbitales moleculares. Diagramas de energía. Geometría molecular. Estructura y propiedades de las sustancias covalentes.
43.- Fuerzas intermoleculares. Aspectos energéticos. Sólidos moleculares. Justificación de las propiedades anómalas del agua y su importancia para la vida.
44.- Sustancias iónicas. Aspectos energéticos en la formación de cristales iónicos. Reconocimiento y utilización de compuestos iónicos.
45.- Teoría de bandas. Carácter conductor, semiconductor y aislante de las distintas sustancias. Superconductividad. Importancia de los semiconductores y superconductores en las nuevas tecnologías.
46.- Metales. Características de los diferentes grupos. Obtención y propiedades. Compuestos que originan y aplicaciones. Aleaciones. Interés económico de algunas de ellas.
47.- Elementos no metálicos. Características de los diferentes grupos. Obtención y propiedades. Compuestos que originan y aplicaciones.
48.- Elementos de transición. Características y propiedades de los más importantes. Compuestos de coordinación. Teorías sobre su formación.
49.- Disoluciones. Leyes de las disoluciones diluidas. Propiedades coligativas. Disoluciones reales. Disoluciones de electrolitos. Estudio experimental del comportamiento eléctrico de un electrolito.

TEMA 26

ÓPTICA GEOMÉTRICA

- 0. Introducción.
- 1. Óptica geométrica: conceptos básicos.
- 2. Principio de Fermat.
- 3. Formación de imágenes en espejos y lentes.
 - 3.1. Lentes.
 - 3.2. Espejos.
- 4. Análisis y construcción de los instrumentos ópticos.
- 5. El ojo y los defectos de la visión.
- 6. Conclusión.

0. INTRODUCCIÓN

La óptica es la rama de la física que se ocupa de la propagación y el comportamiento de la luz. El estudio de la óptica se divide en dos ramas, la óptica geométrica y la óptica física.

La óptica geométrica estudia la luz independientemente de su naturaleza, basándose en la trayectoria de la luz cuando cambia de medio o se encuentra con una superficie brillante y opaca, fundamentándose en la propagación rectilínea de la luz y en las leyes empíricas básicas: ley de la reflexión y la ley de la refracción, junto a la independencia de los rayos (los rayos de luz aunque se crucen no se perturban en absoluto) y la reversibilidad de la marcha de los rayos, es decir, los rayos se propagan tanto en un sentido como en el opuesto.

La óptica geométrica trabaja en el límite en que la longitud de onda tiende a cero, ya que con esta aproximación, las leyes ópticas pueden formularse con el lenguaje de la geometría.

En este tema estudiaremos la formación de imágenes de objetos reales y la manera de proyectarlas o recogerlas en una pantalla, de gran importancia social y científica, y los instrumentos ópticos necesarios para ello. Finalmente estudiaremos el ojo humano, su mecanismo y los principales defectos de la visión.

1. ÓPTICA GEOMÉTRICA: CONCEPTOS BÁSICOS

- **Imágenes reales y virtuales**

Un haz de rayos procedentes de un punto después de sufrir variaciones diversas en su propagación rectilínea, por la interposición de distintos medios, forma un haz que emerge del sistema óptico. Si los rayos componentes de este haz concurren en un punto, en él se forma una imagen real, que puede hacerse visible colocando una pantalla en el lugar de la formación. Si los rayos emergentes no concurren, pero lo hacen sus prolongaciones en sentido contrario al de su propagación, el ojo, recogiendo el haz que sale del sistema, ve una imagen virtual en la intersección de los rayos salientes.

- **Índice de refracción**

La velocidad de la luz en el vacío es aproximadamente de 300.000 km/s, y depende del medio a través del cual se propaga, así se denomina índice de refracción absoluto de una sustancia al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en ella.

$n_1 = \frac{c}{v_1}$. Como los sistemas ópticos se encuentran normalmente en el aire, se suele tomar la velocidad de la luz en el aire igual a la del vacío; el error que se comete es muy pequeño, ya que el índice de refracción del aire respecto al vacío es 1,000292.

Si el índice de refracción es el mismo en cualquier punto de una sustancia se dice que ese medio es homogéneo e isótropo.

Se denomina índice de refracción relativo, de una sustancia respecto a otra al cociente obtenido al dividir el índice de refracción de la primera respecto de la segunda:

$$n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Como índice de refracción relativo se toma siempre el de la sustancia más refringente con respecto a la menos refringente; es decir $n > 1$.

• La reflexión y sus leyes

La reflexión es el retorno de la luz por el mismo medio en que se propaga, al llegar a la superficie de separación de dos sustancias.

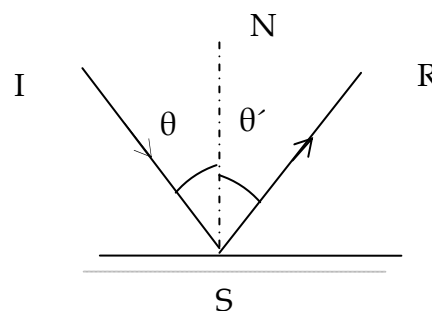
Se llama ángulo de incidencia (θ) el que forma el rayo incidente y la normal a la superficie y ángulo reflejado (θ') el que forma el rayo reflejado y la normal.

Las leyes de la reflexión son:

– El rayo incidente, el reflejado y la normal están en el mismo plano.

– El ángulo de incidencia y el de reflexión son iguales:

$$\theta = \theta'$$



• La refracción y sus leyes

La refracción es el cambio de velocidad que experimenta la luz al pasar de un medio a otro. Este cambio de velocidad se manifiesta por una variación en la dirección de propagación, en todos los casos, excepto cuando el rayo incidente es normal a la superficie de separación de los medios.

Los ángulos de incidencia (θ) y de refracción (θ') son los formados por los rayos incidentes y refractado con la normal a la superficie en el punto de incidencia.

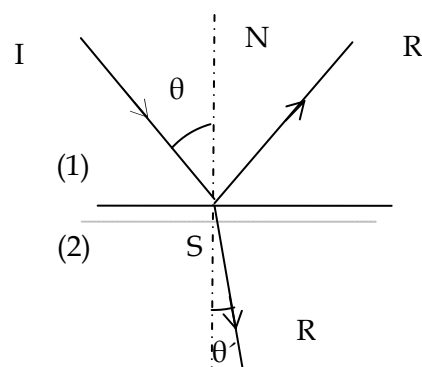
Las leyes de la refracción son:

– La normal, el rayo incidente y refractado están en el mismo plano.

– La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción es una cantidad constante, igual al índice de refracción del segundo medio en relación con el primero:

$$\frac{\text{sen}\theta}{\text{sen}\theta'} = n \quad (\text{Ley de Snell})$$

Si la luz pasa de un medio menos refringente a otro más refringente (aire a agua) se acerca a la normal. Si pasa a un medio menos refringente (vidrio a aire) se aleja de la normal.



2. PRINCIPIO DE FERMAT

La luz al ir de un punto A a otro B, lo realiza en la trayectoria que tiene la longitud del camino óptico más corto o que el tiempo empleado es mínimo.

Existe algún caso excepcional, en el cual el camino seguido por la luz no es mínimo sino máximo, tal es el caso de los espejos esféricos.

Como consecuencia inmediata de este principio resulta el carácter rectilíneo de la propagación luminosa en medios homogéneos e isótropos, donde $n = \text{constante}$.

Basándose en el principio de Fermat, se pueden demostrar teóricamente las leyes de la reflexión y la refracción.

En el caso de la refracción, si L_1 es la distancia recorrida en el primer medio y L_2 la longitud recorrida en el segundo, el tiempo empleado en recorrer el trayecto será:

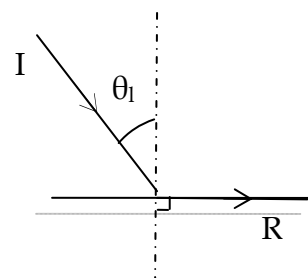
$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} = \frac{L_1}{c/n_1} + \frac{L_2}{c/n_2} = \frac{n_1 L_1}{c} + \frac{n_2 L_2}{c}$$

La magnitud nL se denomina longitud del camino óptico. Por tanto la trayectoria que minimiza el tiempo será la que aquella para la cual sea mínima la longitud del camino óptico. Aplicando esta condición de mínimo puede deducirse la ley de Snell.

- **Ángulo límite y reflexión total**

Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia que corresponde a uno de refracción de 90° . Para que se verifique el fenómeno de la reflexión total son necesarias dos condiciones: que la luz vaya de un medio más refringente hacia otro menos refringente y que incida con un ángulo mayor que el límite. La ley general de la refracción aplicada en el caso en que θ_1 sea el ángulo límite y, en consecuencia, $\theta_2 = 90^\circ$,

se transforma en: $n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \Rightarrow \text{sen} \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$



3. FORMACIÓN DE IMÁGENES EN ESPEJOS Y LENTES

3.1. LENTES

Si la luz atraviesa un medio transparente, experimenta una desviación en su trayectoria a consecuencia de la refracción. Esto ocurre con el agua o con un trozo de vidrio o de metacrilato. Las lentes son cualquier medio transparente limitado por dos superficies curvas o por una superficie curva y otra plana. La lente más sencilla es una gota de agua.

Las lentes constituyen los objetos ópticos más importantes y de aplicación más frecuente. Se emplean para corregir los defectos del ojo y mejorar la visión. Todos los instrumentos ópticos están formados por lentes, solas o en combinación con espejos. Las lentes más utilizadas son las esféricas, es decir, aquellas en las que sus dos caras son curvas esféricas. Si el espesor de la lente es pequeño con relación al radio de sus caras, se llaman lentes delgadas; en caso contrario, es una lente gruesa.

Las lentes delgadas pueden ser convergentes y divergentes. Las convergentes son más gruesas en el centro (convexas); las divergentes son más delgadas en el centro (cóncavas)

Cuando sobre una lente convergente inciden rayos paralelos, como la luz del Sol, ésta se recoge en un punto, llamado foco; se dice entonces que la luz converge sobre un punto. Por el

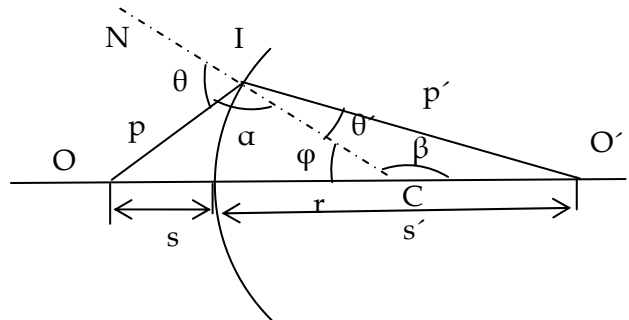
contrario, si se trata de una lente divergente, los rayos paralelos se separan después de pasar por la lente divergen, pero su prolongación opuesta pasa por un punto o foco virtual.

• **Dioptrio esférico**

Un dioptrio esférico es una superficie esférica que separa dos medios transparentes de distinta refringencia, y son la base para el estudio de las lentes.

El estudio del dioptrio lo limitaremos a la zona paraxial o de Gauss que es aquella en que los rayos de luz que intervienen en la formación de la imagen son muy próximos al eje, verificándose que la altura en que el rayo más alejado del eje encuentra al dioptrio, así como, el espesor de este son despreciables frente a los valores de la distancia objeto, (s) distancia imagen (s') y el radio de curvatura (r). En la zona paraxial los ángulos medidos en radianes se confunden con sus senos y tangentes.

Para poder determinar las ecuaciones del dioptrio correctamente hay que fijar un convenio de signos. Se considera que la luz se propaga de izquierda a derecha, y en cuanto a las distancias, los puntos situados a la izquierda del centro del dioptrio tienen abscisa negativa y a la derecha, positiva. Los puntos en el semiplano superior tienen ordenada positiva y en el inferior negativa.



Del triángulo OIC aplicando el teorema del seno tenemos:

$$\frac{-p}{\text{sen}\phi} = \frac{-s+r}{\text{sen}\alpha}$$

Donde $\text{sen}\alpha = \text{sen}\theta$ pues son ángulos suplementarios. Además en la zona paraxial o de

Gauss, se cumplirá que: $s = p$, que sustituida en la expresión anterior: $\frac{s}{\text{sen}\phi} = \frac{s-r}{\text{sen}\theta}$ (1)

Análogamente, para el triángulo O'IC, aplicando el teorema del seno tenemos:

$$\frac{s'-r}{\text{sen}\beta} = \frac{s'-r}{\text{sen}\theta'}$$

Donde $\text{sen}\beta = \text{sen}\phi$ pues son ángulos suplementarios. Además en la zona paraxial se

cumplirá que $s' = p'$, que sustituida en la expresión anterior: $\frac{s'}{\text{sen}\phi} = \frac{s'-r}{\text{sen}\theta}$ (2)

Si dividimos la expresión (2) entre la (1) obtenemos: $\frac{s'}{s} = \frac{(s'-r)\text{sen}\theta}{(s-r)\text{sen}\theta'}$

Y aplicando la ley de Snell: $\frac{(s-r)s'}{s} = \frac{(s'-r)n'}{n}$

$$n \frac{s-r}{s} = n' \frac{s'-r}{s'}$$

$$n - \frac{nr}{s} = n' - \frac{n'r}{s'} \Rightarrow \frac{n'r}{s'} - \frac{nr}{s} = n' - n$$

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n'-n}{r}$$

Que es la fórmula del dioptrio, utilizada para las lentes.

Cuando el punto objeto tiene su imagen en el infinito ($s' = \infty$), obtenemos un punto que se denomina foco-objeto. Los rayos que parten del foco objeto, emergen paralelos al eje, después de la refracción. Sustituyendo en la expresión del dioptrio obtenemos la distancia focal-objeto:

$$0 - \frac{n}{f} = \frac{n' - n}{r} \Rightarrow f = -\frac{n}{n' - n} r$$

Análogamente se puede obtener el foco-imagen, que es un punto del eje que es la imagen de un punto situado en el eje y en el infinito. Los rayos paralelos al eje concurren después de la refracción en el foco imagen. Haciendo $s = \infty$: $\frac{n'}{f'} - 0 = \frac{n' - n}{r} \Rightarrow f' = \frac{n'}{n' - n} r$

Dividiendo ambas expresiones: $\frac{f}{f'} = \frac{n}{n'}$

• **Ecuación de las lentes delgadas**

Para una lente que se encuentra en el aire, $n = 1$, a ambos lados de la lente, aplicando la ecuación del dioptrio obtenemos que: $\frac{n}{s_1} - \frac{1}{s} = \frac{n - 1}{r_1}$

Esta imagen no se forma, salvo para una lente muy gruesa, pues la luz se refracta en la segunda superficie: $\frac{1}{d + s'} - \frac{n}{s_1} = \frac{n - 1}{r_2}$, siendo d el espesor de la lente. Para lentes delgadas d

es despreciable y relacionando ambas expresiones tenemos: $\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

La distancia focal de una lente delgada se define como la distancia imagen cuando la distancia del objeto es muy grande. Se determina haciendo $s = \infty$ y $s' = f'$: $-\frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

Y por tanto: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$

Que se conoce con el nombre de ecuación de Gauss de las lentes delgadas.

Los focos de una lente delgada se encuentran a distinto lado de la lente y a una distancia de ella igual a la distancia focal. Las distancias focales son iguales y de signo contrario. La lente será convergente si $f' > 0$ y divergente si $f' < 0$.

Se denomina convergencia o potencia de un sistema óptico a la inversa de la distancia focal imagen: $\varphi' = \frac{1}{f'}$

La unidad de convergencia es la dioptría, que es la convergencia de un sistema de distancia focal imagen, un metro. El número de veces que un metro contiene a la distancia focal, da su convergencia en dioptrías.

Se denominan planos focales a los dos planos perpendiculares al eje en los focos. Un haz de rayos procedentes de un punto del plano focal objeto, atraviesa al dioptrio y emerge de forma que sus rayos son paralelos entre sí. Los rayos paralelos entre sí que llegan al dioptrio emergen convergiendo en un punto del plano focal imagen. Para conocer la trayectoria de los rayos basta considerar que un rayo que pasa por el centro de curvatura del dioptrio, no se desvía.

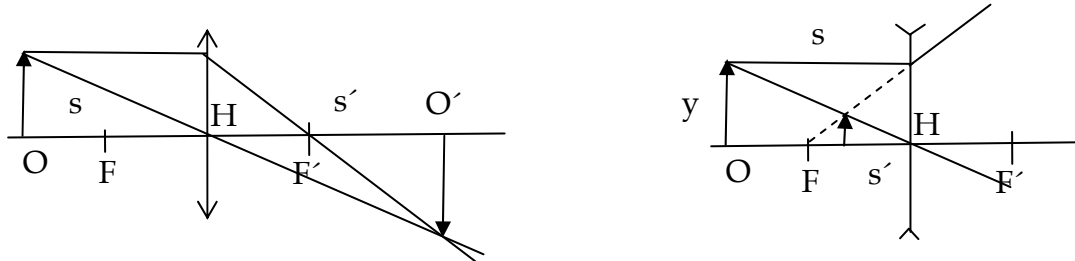
• **Construcción geométrica de las imágenes**

Para obtener la imagen de un punto, basta determinar el punto de concurrencia de dos de los rayos que parten del punto objeto.

Para lentes convergentes, elegimos un eje secundario (rayo que pasa por el centro óptico) que no sufre desviación al atravesar la lente y un rayo paralelo al eje principal que atraviesa la

lente y pasa por el foco imagen. (O que pase por el foco objeto, atraviese la lente y emerge paralelo al eje principal).

Para lentes divergentes, elegimos un eje secundario y un rayo paralelo al eje que atraviesa la lente y emerge de forma que su prolongación pase por el foco imagen.



Se denomina aumento lateral al cociente entre la ordenada del punto imagen y la ordenada del punto objeto. De la figura derecha se deduce que: $\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

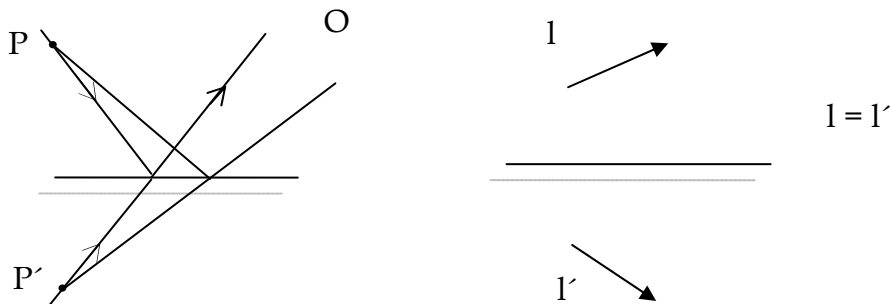
3.2. ESPEJOS

Un espejo es una superficie pulimentada, que puede ser una pieza de vidrio negro o una superficie metálica bien pulida con un recubrimiento de aluminio evaporado al vacío. Los espejos pueden ser planos y esféricos.

- **Espejos planos**

Son superficies planas pulimentadas y capaces de reflejar la luz.

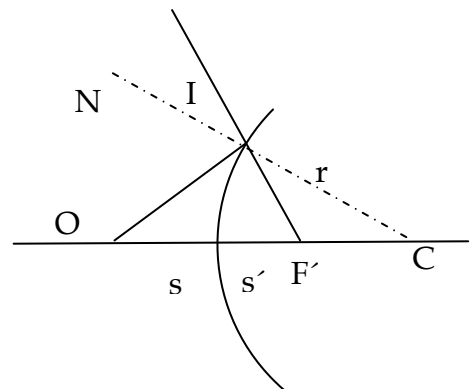
Las imágenes de los objetos reales de estos espejos son siempre virtuales, del mismo tamaño y simétricas del objeto con relación al plano del espejo; se verifica por lo tanto, que la imagen de un determinado punto objeto siempre es el mismo punto imagen, cualesquiera que sean los rayos que intervengan en la formación de este (sistema estigmático).



- **Espejos esféricos**

Son casquetes esféricos pulimentados por el interior (espejos cóncavos) o por el exterior (convexos).

Se denomina centro de curvatura al centro de la superficie esférica (C). El eje principal es la línea que une el centro de curvatura y el de la figura (CO). El eje secundario es cualquier recta que pasa por el centro de curvatura (IC).



Todo rayo de luz que sigue la dirección del eje principal o de un eje secundario, se refleja sobre sí mismo por coincidir con la normal a la superficie esférica (radio de la esfera).

Todas las fórmulas correspondientes a la refracción son aplicables a la reflexión suponiendo que los medios de entrada y salida tienen índices de refracción iguales y de signo contrario. Al igual que las lentes, los espejos esféricos son un sistema no estigmático, pero trabajando en la zona paraxial se pueden considerar sistemas estigmáticos. Así partiendo de la ecuación del dioptrio:

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{r} \Rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r}$$

y los focos del espejo: $f = -\frac{n}{n' - n}r$ y $f' = \frac{n'}{n' - n}r \Rightarrow f = f' = \frac{r}{2}$

Por tanto la ecuación para un espejo esférico resulta: $\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$

En el foco de un espejo cóncavo se reúnen los rayos paraxiales paralelos al eje principal después de la reflexión. En el foco de un espejo convexo se reúnen las prolongaciones de los rayos paraxiales paralelos al eje principal, después de su reflexión.

• Construcción geométrica de las imágenes

Para obtener la imagen de un punto basta dibujar dos rayos:

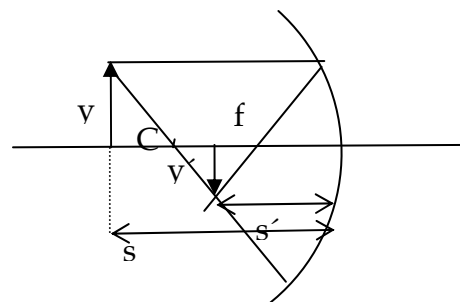
- Un rayo que pasando por el centro de curvatura C se refleja sin desviarse, sobre su misma trayectoria.
- Un rayo paralelo al eje principal que se refleja pasando por el foco (cóncavos) o pasando su prolongación por el foco (convexo).

Para hallar el aumento lateral aplicamos la fórmula del dioptrio esférico, sustituyendo n' por $-n$:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s' n}{s n'} \Rightarrow \beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

En los espejos cóncavos, dependiendo de donde este colocado el objeto, la imagen aparecerá en un sitio u otro.

En los espejos convexos las imágenes de los objetos reales son siempre virtuales, menores, derechas y situadas entre el foco y el espejo.



4. ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Para apreciar la importancia de la óptica y sus aplicaciones en la vida cotidiana baste mencionar que más del 70% de la información que recibimos del exterior la obtenemos por medio de la luz a través del sentido de la vista, lo que explica el interés del hombre por la creación y el perfeccionamiento de instrumentos ópticos. Incluso algunos de estos instrumentos han contribuido a provocar revoluciones científicas, como el telescopio o el microscopio, culturales (fotografía o cinematografía) y técnicas (láser, fibras ópticas). Los instrumentos ópticos son en general una combinación de espejos (sistemas catadióptricos) y lentes (sistemas dióptricos) para mejorar y ampliar el campo visual como ayuda del instrumento óptico por excelencia, que es el ojo.

Pueden ser de ampliación (lupa, microscopio), de aproximación (prismáticos, anteojos, telescopios,...), de proyección, como el proyector de cine o las diapositivas, de grabación de imágenes, como la cámara fotográfica, etc. A pesar de la complejidad técnica de algunos de ellos, los principios físicos en los que se basan son los de la óptica geométrica: propagación rectilínea de la luz, reversibilidad e independencia de su trayectoria y leyes de la reflexión y refracción.

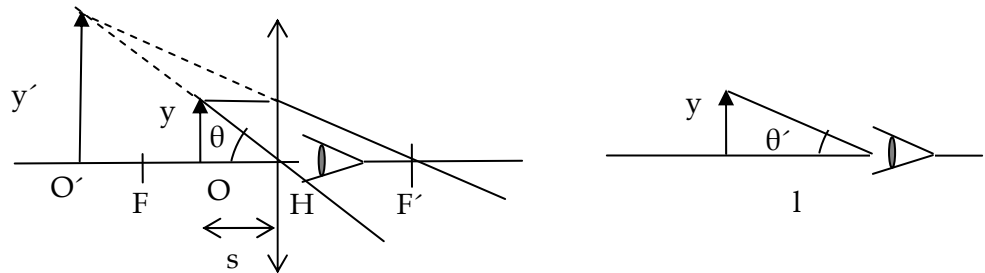
• **La lupa o microscopio simple**

Es el instrumento óptico más simple y se utiliza para observar objetos pequeños, de los que forma una imagen virtual ampliada, o para observar detalles de objetos mayores.

La lupa es una lente convergente destinada a formar imágenes que perciba el ojo con un ángulo aparente mayor que el correspondiente a la visión del objeto colocado en el punto próximo. En realidad es una lente convergente cuya distancia focal es pequeña, para evitar al máximo las posibles aberraciones.

En un instrumento de visión directa el aumento visual es el cociente de dividir la altura de la imagen retiniana formada con el instrumento por la altura de la imagen retiniana visto el objeto sin el instrumento. Como la altura de la imagen retiniana es proporcional a la tangente del ángulo de visión, se puede definir:

$$A = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}\theta'}$$



Visto a través de la lupa el objeto parece mayor, debido a que la imagen en la retina aumenta el factor $\frac{\theta}{\theta_0}$. El aumento visual de la lupa es máximo cuando la imagen está en el punto

próximo del ojo, 25 cm: $A = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}\theta'} = \frac{y/f}{y/0,25} = \frac{0,25}{f}$

Se utilizan lupas o lentes simples como oculares en microscopios compuestos y en anteojos para observar la imagen formada por otras lentes.

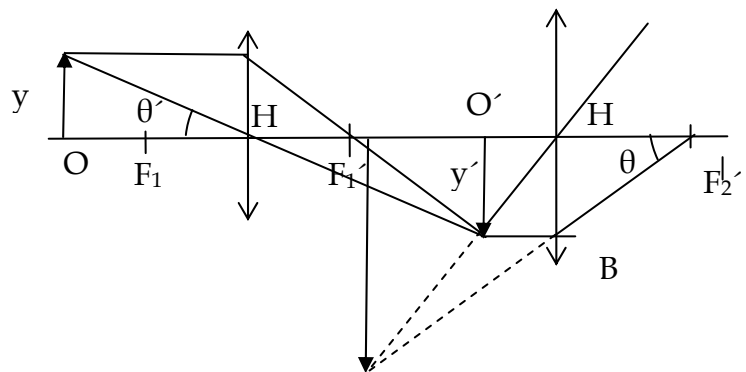
• **Microscopio compuesto**

El microscopio permite una amplificación de la imagen del objeto mayor que la de la lupa. Con el microscopio convencional se pueden observar objetos muy pequeños y microorganismos como bacterias y hongos. Si se utiliza el microscopio electrónico, donde la luz visible es sustituida por haces de electrones y las lentes usuales por dispositivos electromagnéticos, se llegan a observar virus e incluso estructuras moleculares.

La finalidad del microscopio es formar imágenes que perciba el ojo con un ángulo aparente mayor que el correspondiente a la visión del objeto en el punto próximo. Consta de dos sistemas ópticos convergentes de distancia focal pequeña, el objetivo y el ocular acompañados de un espejo y una lente condensadora.

Básicamente la misión del objetivo es producir una imagen real y mayor que la del objeto investigado, para ello el objeto ha de colocarse entre el foco objeto y el doble de la distancia focal. La imagen hace el papel de objeto para el ocular que actúa como lupa, para formar finalmente una imagen virtual, invertida y mucho mayor que el objeto original.

El aumento del microscopio es el producto del valor del aumento visual del ocular, considerado como lupa y formándose la imagen en el infinito, y el aumento lateral del objetivo:

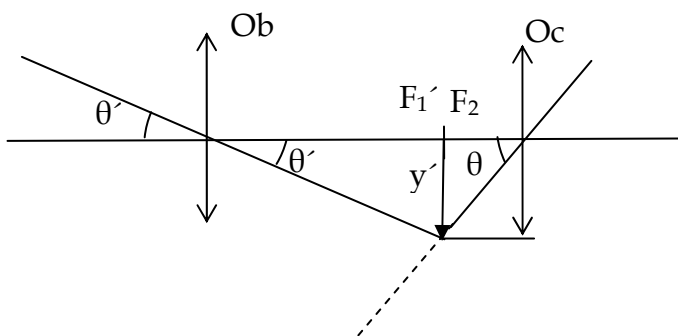


$$A = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}\theta'} = -\frac{y'}{y} \frac{0,25}{f_2'}$$

• Anteojo astronómico

El anteojo astronómico tiene por finalidad el observar los objetos situados en el infinito con un mayor ángulo que en la visión directa.

Los rayos procedentes de un punto situado en el borde superior de un objeto muy lejano, llegan al anteojo paralelos entre sí y con una cierta inclinación con respecto al eje. Recibidos en un sistema convergente (objetivo) forman una imagen real en el segundo foco del objetivo. El propósito del objetivo es formar una imagen real en el primer foco del ocular, por tanto ambas lentes están separadas una distancia f_1+f_2 . Esta imagen se observa a través del ocular, cuya finalidad es la misma que la de la lupa del ocular del microscopio.



La pupila del ojo se coloca en un punto muy próximo al foco del ocular, para captar el mayor flujo luminoso posible por parte del punto objeto.

El aumento del anteojo será utilizando la aproximación de los ángulos pequeños:

$$A = \frac{\text{tg}\theta}{\text{tg}\theta'} = -\frac{f_1'}{f_2'} = -\frac{\varphi_2'}{\varphi_1'}$$

siendo φ_2' y φ_1' las convergencias del ocular y objetivo respectivamente. El valor negativo del aumento nos indica que las imágenes se ven invertidas. El aumento es directamente proporcional a la convergencia del ocular, e inversamente proporcional a la convergencia del objetivo.

Para obtener grandes aumentos el objetivo debe ser de pequeña convergencia (gran distancia focal) y el ocular de gran convergencia (pequeña distancia focal).

En un telescopio astronómico, la imagen virtual formada por el ocular queda invertida. En un telescopio para observación terrestre se inserta una tercera lente para invertir la imagen por segunda vez, de modo que se pueda ver un objeto distante de forma correcta.

• La cámara fotográfica

Su misión es formar imágenes reales y menores que proyectadas sobre una placa sensible a la luz, den una reproducción permanente del objeto. Su funcionamiento se parece al ojo humano. Consta de una lente o sistema de lentes convergentes (objetivo) y una pantalla (placa fotográfica). El objeto se coloca entre el doble de la distancia focal y el infinito, dando así imágenes menores e invertidas.

5. EL OJO HUMANO Y LOS DEFECTOS DE LA VISIÓN

El ojo constituye nuestro sistema óptico y está constituido por unos medios transparentes cuyo objetivo es formar imágenes de todos los objetos que vemos, reales e invertidas y lógicamente más pequeñas sobre la retina, que es la superficie interna del ojo sensible a la luz.

El globo ocular tiene forma de una pequeña esfera de unos 35 mm de diámetro, constituida por tres capas diferentes:

- La esclerótica, de aspecto blanquecino opaca y muy dura. Su parte anterior presenta un abombamiento en forma de vidrio de reloj, denominado córnea, que es transparente y permite el paso de la luz. Tiene una función protectora.

- La coroides, oscura y rica en vasos sanguíneos. En su parte anterior al nivel de la córnea, forma el iris, disco pigmentado que da el color a los ojos, en cuyo centro se encuentra la pupila, un orificio circular que controla el paso de la luz.

- La retina, la capa más interna y profunda, compuesta sobre todo por células nerviosas que contiene los receptores visuales (conos y bastones).

El punto ciego es donde convergen las tres capas y parte el nervio óptico, que transmite toda la información visual al y desde el cerebro.

El globo ocular está dividido en dos cámaras por una estructura transparente, en forma de lente biconvexa, llamada cristalino con un índice de refracción de 1,44, situada inmediatamente detrás del iris. La cámara anterior contiene el humor acuoso, una sustancia líquida incolora. La cámara posterior la ocupa una sustancia gelatinosa llamada humor vítreo, ambos humores tienen un índice de refracción semejante al del agua, 1,33.

Los rayos de luz atraviesan la córnea y penetran en el interior del ojo por la pupila. El cristalino funciona como una lente convergente, enfocando sobre la superficie de la retina los rayos de luz procedentes del exterior y formando una imagen real, invertida y menor. El ajuste fino del enfoque de la imagen sobre la retina se lleva a cabo alterando el espesor y la forma del cristalino para regular su distancia focal por la acción del músculo ciliar que rodea al cristalino. Según la luminosidad ambiental, nuestra pupila se abre o se cierra para controlar el paso de luz hacia la retina, debido a los músculos que constituyen el iris, que hace el papel de diafragma.

Por otra parte, la capacidad que tiene el cristalino de cambiar la curvatura de sus dioptrios bajo la acción del músculo ciliar permite formar una imagen nítida de un objeto situado en un rango de distancias, que va desde el infinito a 25 cm por delante del ojo. Cuando dicho músculo se haya relajado, el cristalino enfoca en la retina los objetos situados en el infinito. Si el objeto está próximo, el músculo ciliar actúa dotando al cristalino de una forma más esférica. Este proceso de enfoque variable se denomina acomodación. Estos puntos límites para los que el ojo humano es capaz de generar una visión perfecta se denominan puntos próximo y remoto.

La visión con los dos ojos se llama visión binocular. Permite apreciar la longitud, profundidad y anchura de los objetos, así como la distancia entre ellos. Esto se consigue gracias al sincronismo de los músculos oculares. El cerebro combina la visión de ambos ojos para dar lugar a la visión en relieve o estereoscópica.

Una persona tiene una vista normal o emélope, cuando sus ojos se ajustan para percibir claramente los objetos que se encuentran desde el infinito (el punto lejano) hasta 25 cm de distancia (el punto cercano, que suele aumentar con la edad).

Los defectos de la visión se deben a deformaciones del globo ocular o a un funcionamiento incorrecto de alguna de las partes del ojo. Los principales son:

- Presbicia o vista cansada. Los músculos del ojo al envejecer pierden elasticidad y por tanto disminuye la facultad de adaptación y acomodación del cristalino. El punto próximo se aleja y se ven mal los objetos cercanos. Se corrige mediante lentes convergentes.

Si la imagen de un objeto no aparece enfocada sobre la retina, el ojo se llama amétrope. Las dos ametropías posibles se llaman miopía e hipermetropía.

- Miopía. Una persona miope puede ver claramente los objetos cercanos, pero no los lejanos porque se enfocan demasiado cerca del cristalino, es decir, antes de la retina. En este caso el globo ocular es demasiado largo. Esto se remedia con el uso de lentes correctoras que diverjan los rayos procedentes de objetos lejanos (rayos paralelos), para que se enfoquen en la retina y no antes de ella (lentes divergentes).

- Hipermetropía. Los ojos de una persona hipermétrope forman imágenes detrás de la retina. El globo ocular es demasiado corto. Las personas hipermétropes tienen que sostener los objetos a más de 25 cm de distancia para enfocarlos bien. El problema se soluciona incrementando el poder convergente del ojo. Esto se consigue con gafas o lentes de contacto con lentes convergentes. Las lentes convergentes concentran los rayos que inciden por la pupila lo suficiente para que se enfoquen en la retina y no tras ella.

- El astigmatismo es un defecto que se produce cuando la córnea presenta más curvatura en una dirección que en otra. Por ello el ojo no produce imágenes nítidas y los puntos se ven como trazos. Se corrige mediante lentes cilíndricas que tienen mayor curvatura en la dirección adecuada.

6. CONCLUSIÓN

Hasta la mitad, aproximadamente, del siglo XVIII, se creía que la luz consistía en una corriente de corpúsculos que eran emitidos por una fuente luminosa, alejándose del foco en línea recta. Podían penetrar sustancias transparentes y se reflejaban en las superficies de los cuerpos opacos. Esta teoría fue utilizada para explicar la propagación rectilínea de la luz, su reflexión en una superficie lisa, tal como la de un espejo y cómo y por qué refracta en una superficie límite de separación dos medios.

Aunque la mayor parte de los investigadores en el campo de la óptica aceptaban la teoría corpuscular, pronto progresó la idea de que la luz podía ser un movimiento ondulatorio de cierta naturaleza. Los estudios sobre óptica de Descartes culminaron con el descubrimiento de la ley fundamental de la reflexión. El hecho de que Descartes tratara la luz como un tipo de fuerza en un medio sólido preparó el terreno para la teoría ondulatoria de la luz. Christian Huygens, demostró en 1670 que las leyes de la reflexión y de la refracción podían explicarse basándose en la teoría ondulatoria.

En la actualidad admitimos la doble naturaleza de la luz, o de forma más precisa, la validez de los dos modelos mencionados para describir el comportamiento de la luz. Ambos modelos, el corpuscular y el ondulatorio, sirven para expresar aspectos complementarios de una misma realidad física, estando tales formas de descripción ligadas entre sí por las denominadas relaciones de correspondencia.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M. y FINN, J. *Física*. Editorial Fondo Educativo Interamericano. 1981.
- ARMERO, J. y otros. *Física*. Barcelona. Editorial Guadiel. 2005
- BALLESTERO Y BARRIO. *Física y Química*. Editorial Oxford. 2004.
- BUECHE, F. *Fundamentos de Física*. Editorial McGraw-Hill. 1994.
- BURBANO DE ERCILLA, S. *Física*. Editorial Tébar. Madrid. 2003.
- CASAS, J. *Óptica*. Librería Pons. Zaragoza. 1994.
- ENCISO, E.; SENDRA, F.; LORENTE, S.; QUÍLEZ, J.; CHORRO, F. *Física*. Editorial Ecir. Valencia. 2002.
- FIDALGO, J. A. y FERNÁNDEZ M. *Física General*. Editorial Everest. León. 1992.
- HECHT, E. *Óptica*. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Buenos Aires, 1986.
- JENKINS, F.A. y WHITE, E. H. *Fundamentos de óptica*. Editorial Aguilar. Madrid.
- PRAT, ROLAND. *La óptica*. Ediciones Orbis. Barcelona. 1986.
- ROSSI, BRUNO. *Fundamentos de óptica*. Editorial Reverté. Barcelona. 2002.
- TIPLER, P. A. *Física*. Editorial Reverté. Barcelona. 1978.