

MÓDULO COMÚMN - FÍSICA MATERIAL DE APOYO N° 3 “Ondas - Luz”

I. La luz

La luz y los fenómenos asociados a ella siempre han estimulado la curiosidad del ser humano. Durante muchos miles de años la principal fuente de luz que tenía el ser humano era el Sol. Luego, se inventaron las velas, lámparas y ampollitas para iluminarnos.

1.1 Fuentes de Luz

Un objeto que emite luz propia se denomina fuente primaria de luz, mientras que el que sólo la refleja se denomina fuente secundaria. Una fuente luminosa puede ser natural como el Sol o artificial como una ampollita.

1.2 Origen de la luz

La luz es una onda de tipo electromagnético, la cual se produce por los saltos cuánticos de los electrones desde orbitales de mayor energía a uno de menor, este proceso es llamado emisión cuántica. Sabemos que los electrones se disponen en órbitas con diferentes niveles de energía. Además las órbitas más alejadas del núcleo tienen mayores niveles de energía. Los electrones pueden saltar de un nivel a otro de energía. Cuando el electrón se mueve de una órbita de mayor energía a una de menor energía, libera una partícula de luz llamada fotón. Los fotones que emergen de los átomos constituyen la luz. Los fotones no tienen masa y se mueven en el vacío a la velocidad de la luz.

1.3 Teorías que explican el comportamiento de la luz

Los antiguos filósofos ya conocían algunos hechos sobre la propagación de la luz. Así se atribuye a Euclides el descubrimiento de las leyes de la reflexión de la luz. Es a principios del XVII cuando aparecen casi conjuntamente dos teorías acerca de la naturaleza de la luz. Teoría CORPUSCULAR (1666) y teoría ONDULATORIA (1678)

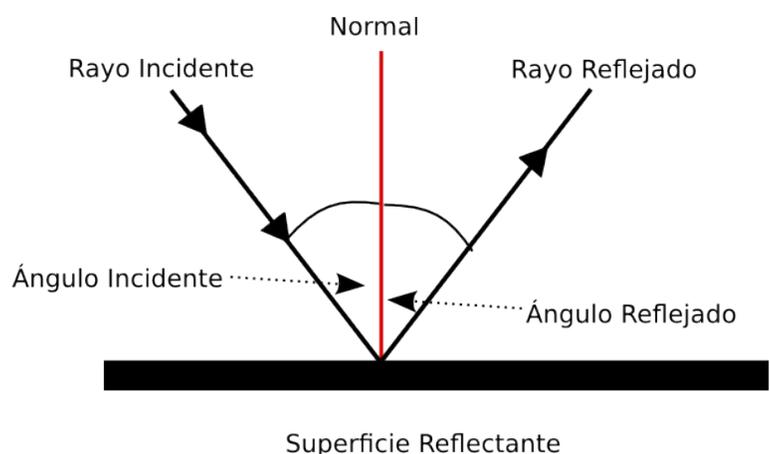
- **TEORÍA CORPUSCULAR (NEWTON):** Supone que la luz está compuesta por una serie de corpúsculos o partículas emitidos por los materiales luminosos, los cuales se propagan en línea recta, que pueden atravesar medios transparentes, y pueden ser reflejados por materias opacas. Esta teoría explica: La propagación rectilínea de la luz, la refracción y reflexión. Esta teoría **no explica: Anillos de Newton** (Irisaciones en las láminas delgadas de los vidrios) Este fenómeno lo explica la teoría ondulatoria. Tampoco explica los fenómenos **de interferencia y difracción**.

- **TEORÍA ONDULATORIA (HUYGENS):** Esta teoría explica las leyes de la reflexión y la refracción, define la luz como un movimiento ondulatorio del mismo tipo que el sonido. Como las ondas se transmiten en el vacío, supone que las ondas luminosas necesitan para propagarse un medio ideal, el ÉTER, presente tanto en el vacío como en los cuerpos materiales. Esta teoría tiene una dificultad fundamental que es precisamente la hipótesis del éter. No pudo explicar porque la luz se propaga por el vacío.

- **TEORÍA DE LOS CUANTOS:** Fue propuesta por Max Planck ante la imposibilidad de explicar un nuevo fenómeno (efecto fotoeléctrico), esta teoría fue ampliada y confirmada por Einstein. Esta teoría considera que la energía transportada por una onda transversal electromagnética, no está distribuida en forma continua sino en paquetes o corpúsculos llamados fotones.

1.4 Fenómenos de la luz

REFLEXIÓN DE LA LUZ: La reflexión de la luz se representa por medio de dos rayos: el que llega a una superficie, **rayo incidente**, y el que sale "rebotado" después de reflejarse, **rayo reflejado**. Si se traza una recta perpendicular a la superficie (que se



$$\theta_{\text{incidente}} = \theta_{\text{reflejado}}$$

denomina normal), el rayo incidente forma un ángulo con dicha recta, que se llama **ángulo de incidencia**.

La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra la superficie de los cuerpos. La luz reflejada sigue propagándose por el mismo medio que la incidente. La reflexión de la luz cumple dos leyes:

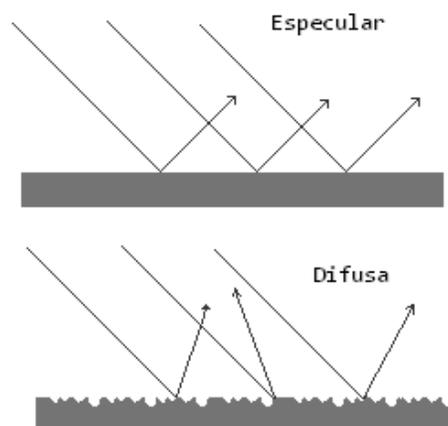
El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular a la superficie.

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Existen dos tipos de reflexión de la luz: reflexión especular y reflexión difusa.

Reflexión especular: La superficie donde se refleja la luz es perfectamente lisa (espejos, agua en calma) y todos los rayos reflejados salen en la misma dirección.

Reflexión difusa: La superficie presenta rugosidades. Los rayos salen reflejados en todas las direcciones. Podemos percibir los objetos y sus formas gracias a la reflexión difusa de la luz en su superficie.



Cada rayo cumple la ley de reflexión.

- REFRACCIÓN DE LA LUZ: Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios. A este fenómeno se le llama **refracción**.

El índice de refracción es la razón entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad que lleva en el medio, por lo tanto como la luz en cada medio experimenta distintas velocidades, así cada medio material transparente tiene índice de refracción.

Velocidad de la luz en distintos medios		
Medio	Velocidad (Km/s)	Índice de refracción (n)
Vacío	300.000	1
Aire	299.910	1,00030009003
Agua	225.564	1,329999468
Etanol	220.588	1,36000145067
Cuarzo	205.479	1,46000321201
Vidrio Crown	197.368	1,52000324267
Vidrio flint	186.335	1,61000348834
Diamante	123.967	2,41999887067

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde:

n: índice de refracción

c: velocidad de la luz en el vacío (300.000 km/s)

v: velocidad de la luz en el medio material

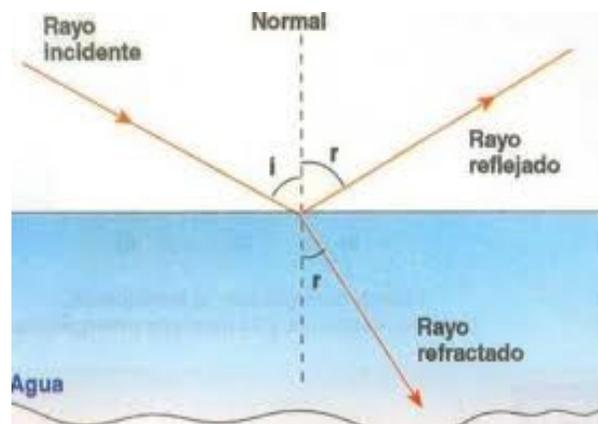
Note que a mayor índice de refracción menor es la velocidad de propagación en el medio. También como nada se puede propagar más rápido que la luz, entonces nunca habrá índices menor que 1

- Si la luz pasa de un medio más rápido a otro más lento (por ejemplo del aire al vidrio flint), el ángulo de refracción es menor que el de incidencia.

- Si pasa de un medio de mayor índice de refracción a otro con menor índice de refracción (por ejemplo del diamante al agua), el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia.

- En éste último caso, si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite no se produce refracción, sino lo que se denomina **reflexión total**, este fenómeno sólo ocurre cuando el rayo de la luz proviene de un medio de mayor índice a uno menor.

- La ley de Snell es la que cuantifica la refracción de la luz



LEY DE SNELL

$$n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2$$

n_1 = índice de refracción del medio de donde “viene” el rayo.
 n_2 = índice de refracción del medio donde “va” el rayo de luz
 θ_1 = ángulo que forma el rayo incidente con la normal.
 θ_2 = ángulo que forma la normal con el rayo refractado

En la ley de Snell tenemos:

$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ pero θ_2 es 90° así tenemos

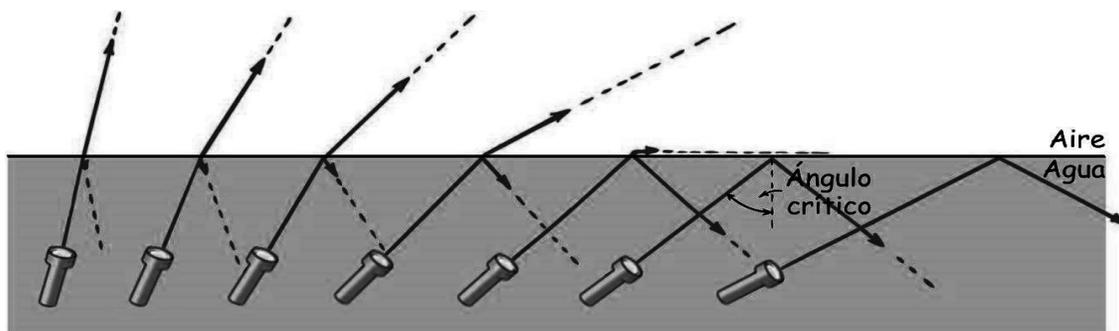
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2$$

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \quad \theta_1 = \theta_c$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

Quando el ángulo de incidencia es mayor o igual al ángulo crítico, la luz no puede refractarse y se refleja totalmente en la frontera.

Como se puede observar en la imagen, mientras mayor es el ángulo de incidencia, mayor es el ángulo de refracción, pero llega a un límite donde el rayo refractado forma un ángulo de 90° con respecto a la normal, y para ángulos mayor a ese, la luz no se refracta, sino que se refleja internamente.



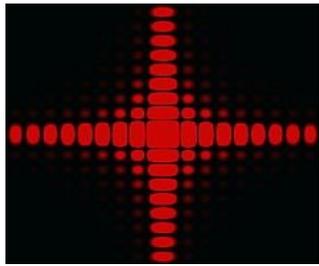
Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico, el seno del ángulo de refracción resulta mayor que la unidad. Esto indica, que las ondas que inciden con un ángulo mayor que el límite no pasan al segundo medio, sino que son reflejados totalmente en la superficie de separación.

- ABSORCIÓN DE LA LUZ: Al ser iluminados los cuerpos, éstos reflejan algunas longitudes de onda y absorben otras, lo cual hace que percibamos los colores. El blanco refleja todas y el negro las absorbe todas. La absorción produce un aumento de temperatura.

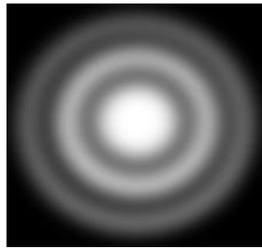
Aplicación: Si pensamos en una manzana de color rojo, la vemos de ese color porque absorbe todas las longitudes de onda, menos el rojo, por lo tanto lo refleja. Ahora si colamos esa misma manzana en una habitación donde está expuesta sólo a luz de color azul, entonces absorberá la luz azul y no tendrá luz para reflejar, por lo que se verá negra.



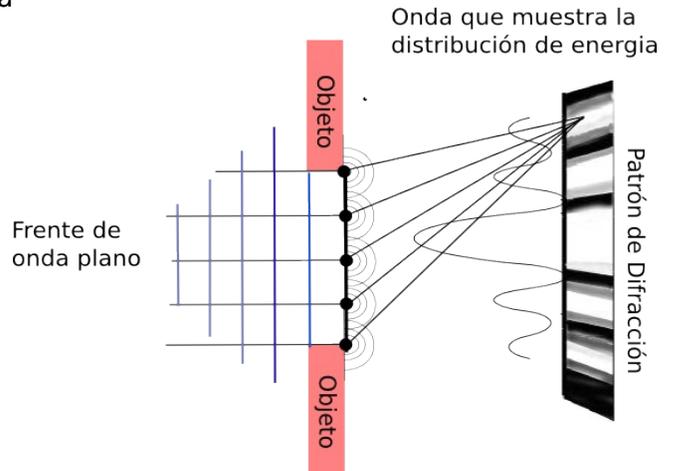
- **DIFRACCIÓN DE LA LUZ:** Ocurre cuando la onda luminosa es desviada por efecto de un obstáculo que encuentra en su trayectoria, para que ocurra tal fenómeno.



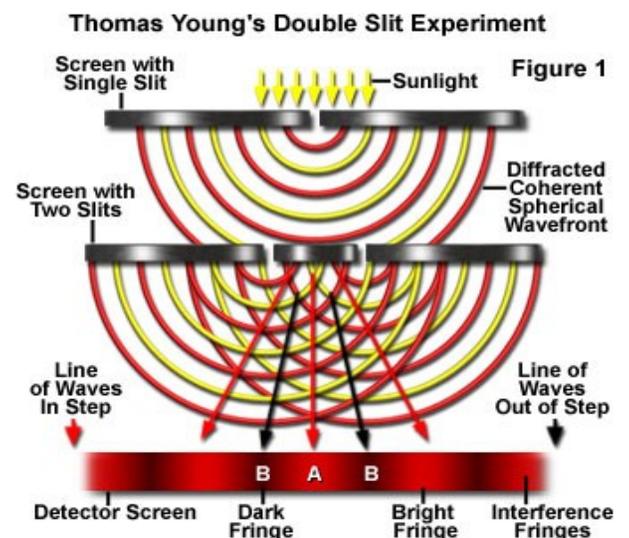
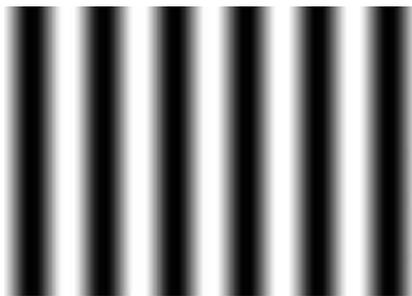
Patrón de interferencia, al pasar una onda de luz, por un orificio cuadrado (del orden de su longitud de onda)



Patrón de interferencia, al pasar una onda de luz, por un orificio circular (del orden de su longitud de onda)



- **INTERFERENCIA DE LA LUZ:** La luz que atraviesa dos ranuras muy próximas entre sí se difracta (del orden la longitud de onda de la luz incidente). La pantalla se ilumina donde las ondas luminosas llegan en fase y se ve oscura donde las ondas llegan fuera de fase.



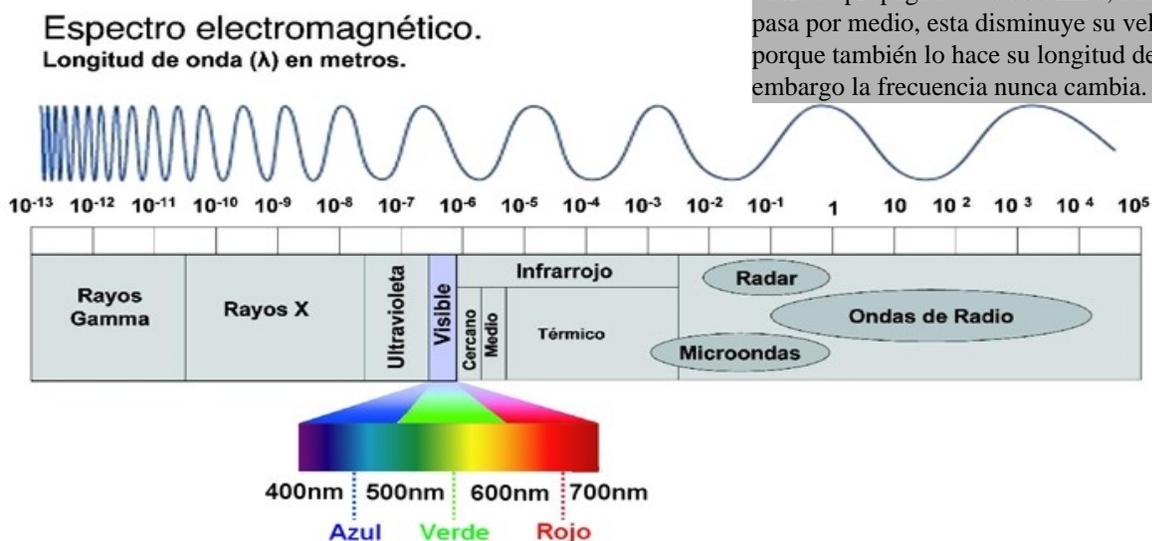
1.5 La luz, los colores y el espectro electromagnético

El **Espectro Electromagnético** es un conjunto de ondas que van desde las ondas con mayor longitud conocidas como "**Las ondas de radio**" hasta los que tienen menor longitud como los "**Los rayos Gamma**". Es importante anotar que las ondas con mayor longitud de onda tienen menor frecuencia y viceversa.

Las características propias de cada tipo de onda no solo es su longitud de onda, sino también su frecuencia y energía.

Se denomina **espectro visible** a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir.

La luz es una onda electromagnética, que en el vacío se propaga a 300.000 km/s, cuando un rayo pasa por medio, esta disminuye su velocidad, porque también lo hace su longitud de onda, sin embargo la frecuencia nunca cambia.



1.6 Arco iris y prismas

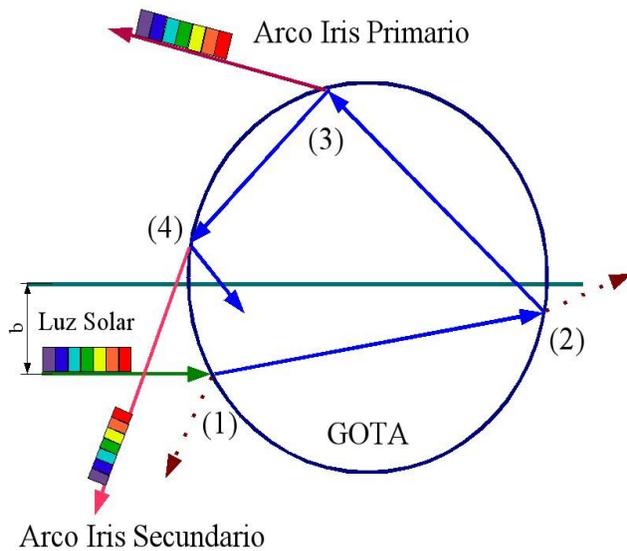
Cuando el sol está a nuestras espaldas y llueve delante de nosotros, vemos un arco iris.

Los rayos del sol entran en las pequeñas gotas de lluvia (que pueden considerarse pequeñas esferas de agua) y se reflejan parcialmente en la superficie posterior de ellas.

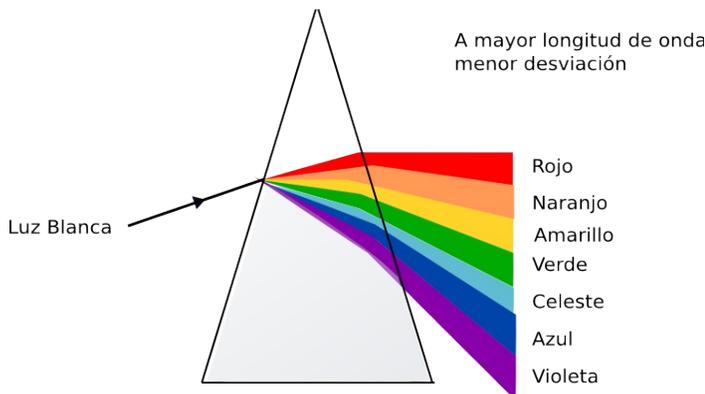
Es decir, una parte del rayo atraviesa la gota y otra parte se devuelve y sale de la gota por un punto distinto del que entró. Podemos decir que las gotas de lluvia obligan a los rayos de sol a dar una vuelta en U, por lo tanto dependiendo del ángulo de incidencia, podría producirse una refracción, o una reflexión total interna en el cara posterior de la gota y luego refractarse.

Pero no sólo eso: la luz también sufre otras alteraciones. Como sabemos, la luz blanca del sol está formada por diferentes colores, y al transitar dentro de la gota todos los colores tienen un comportamiento distinto: el violeta se desvía (refracta) más que el rojo. Al refractarse y descomponerse la luz, cada color viaja con distinta velocidad, pues todos tienen distinta longitud de onda.

El fenómeno por el cual la luz blanca se descompone en luces de distintos colores al



- (1)Entrada del rayo de luz. Refracción dentro de la gota. Pérdidas por reflexión.
- (2)Reflexión internas. Pérdidas por refracción al exterior.
- (3)Refracción exterior. Forma el arco iris primario. Reflexión para arco iris superiores.
- (4)Refracción exterior. Arco Iris Secundario. Reflexión para arco iris superiores.



atravesar un **prisma se denomina dispersión cromática**. La luz blanca está formada por un conjunto de radiaciones. Cada una de ellas tiene una longitud de onda, denominándose luz monocromática.

La dispersión de la luz se produce porque su velocidad de propagación para un medio transparente, que no sea el vacío, es diferente para las distintas longitudes de onda, siendo el índice de refracción del medio tanto mayor cuanto menor es λ . Habrá, en consecuencia, un índice de refracción para cada color (se descompone

en 7 colores ordenados según su frecuencia de menor a mayor tenemos el rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta)

1.7 La luz y los espejos

Los espejos son superficies reflectantes, pueden ser planos o curvos, los curvos pueden ser casquetes de esfera, paraboloides u otros sólidos de revolución, los más utilizados son los casquetes de esfera, de acuerdo a su forma pueden ser:



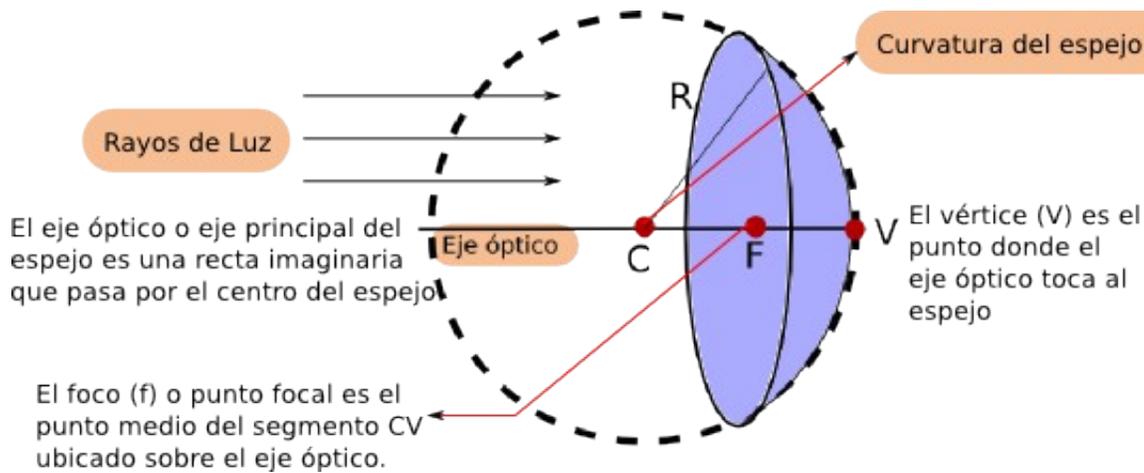
Espejo Cóncavo



Espejo Convexo

Ayuda: Podemos decir que la parte interna una cuchara representa un espejo cóncavo y la parte de atrás un espejo convexo.

1.7.1 Formación e imágenes en espejos esféricos: Para el análisis de las imágenes que se forman mirando un espejo esférico es necesario distinguir las siguientes partes:



Formación de imágenes en un espejos cóncavos

objeto

Imagen

C f

Si el objeto está entre el infinito y el centro, la imagen se forma entre el foco y el centro de curvatura. La imagen formada es real, con un aumento negativo e invertida.

objeto

Imagen

C f

Si el objeto justo en el centro de curvatura, entonces se forma una imagen invertida de igual tamaño que el objeto, pero invertida. El aumento es nulo y la imagen real.

objeto

Imagen

C f

Si el objeto esta entre el centro de curvatura y el foco, entonces la imagen se es real y se forma más allá del centro de curvatura, es de mayor tamaño (aumento positivo) e invertida.

objeto

C f

Cuando el objeto está justo en el foco, entonces no se forma imagen. Se dice que está en el infinito.

objeto

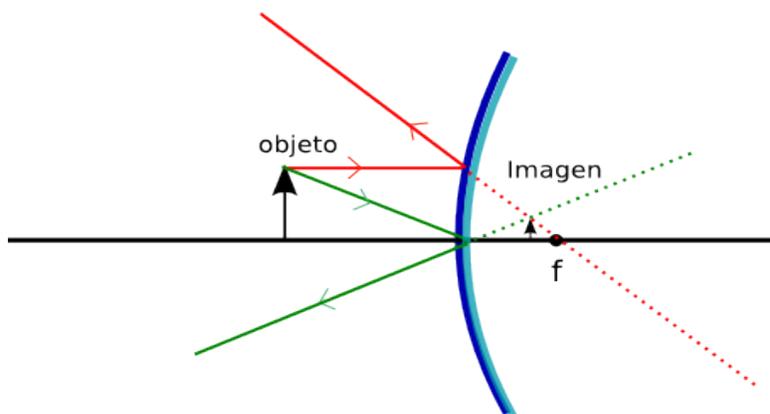
Imagen

C f

En este caso la imagen es virtual y se forma por la proyección de los dos rayos reflejados, la imagen es derecha y con un aumento positivo. Esto sólo ocurre cuando el objeto es colocado entre el vértice y el foco.

Formación de imágenes en un espejo convexos

En el caso de los espejos divergentes (convexos) sólo forman imágenes virtuales, independiente de donde se ubica el objeto. La imagen es de menor tamaño que el objeto, por lo tanto tiene un aumento negativo y no presenta inversión con respecto al objeto



1.7.2 Formación de imágenes en espejos planos

Una imagen en un espejo plano se ve como si el objeto estuviera detrás y no frente a éste ni en la superficie. (Ojo, es un error frecuente el pensar que la imagen la vemos en la superficie del espejo).

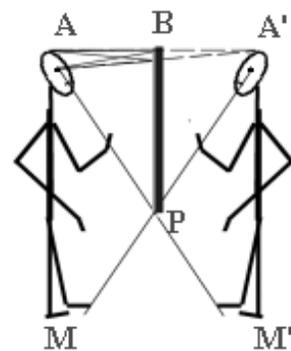
El sistema óptico del ojo recoge los rayos que salen divergentes del objeto y los hace converger en la retina.

El ojo identifica la posición que ocupa un objeto como el lugar donde convergen las prolongaciones del haz de rayos divergentes que le llegan. Esas prolongaciones no coinciden con la posición real del objeto. En ese punto se forma la imagen virtual del objeto.

La imagen obtenida en un espejo plano no se puede proyectar sobre una pantalla, colocando una pantalla donde parece estar la imagen no recogería nada. Es, por lo tanto virtual, una copia del objeto "que parece estar" detrás del espejo.

La imagen formada es:

- simétrica, porque aparentemente está a la misma distancia del espejo, que el objeto del espejo.
- virtual, porque se ve como si estuviera dentro del espejo, no se puede formar sobre una pantalla pero puede ser vista cuando la enfocamos con los ojos.
- del mismo tamaño que el objeto.
- derecha, porque conserva la misma orientación que el objeto, sólo presenta una inversión lateral.

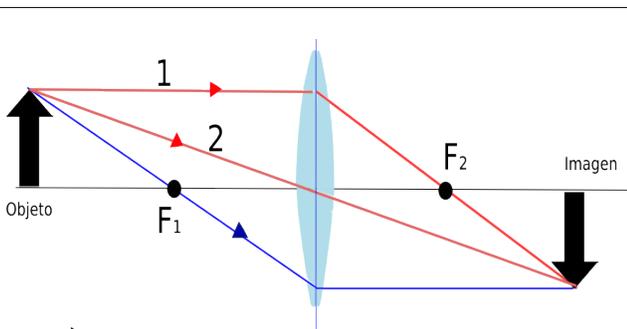


2 Lentes:

Las lentes son cuerpos transparentes limitados al menos por una superficie curva.

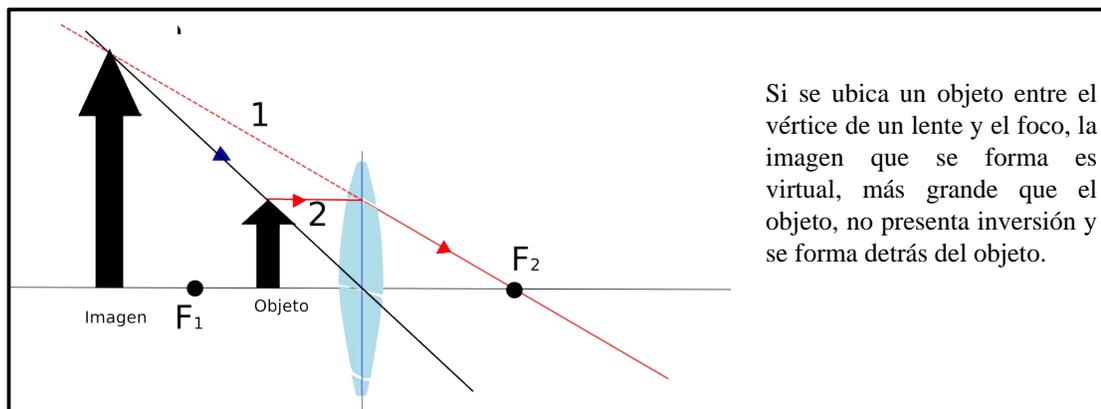
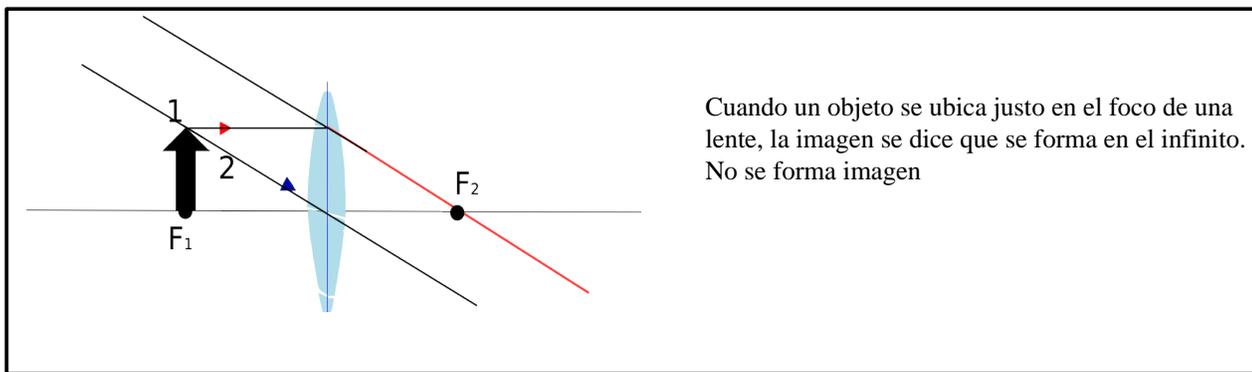
2.1 Lentes convergentes

Las lentes convergentes se caracterizan porque los rayos paralelos al eje se refractan pasando todos por el foco, los converge al foco. También podemos decir que tienen su centro más grueso y sus bordes más estrecho y que este tipo de lentes se utiliza para la corrección de los hipermetropes no ven bien de cerca.



Cuando el objeto está más allá del foco se dan los siguientes casos:

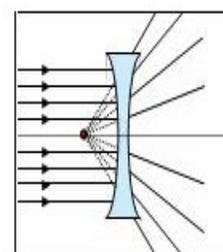
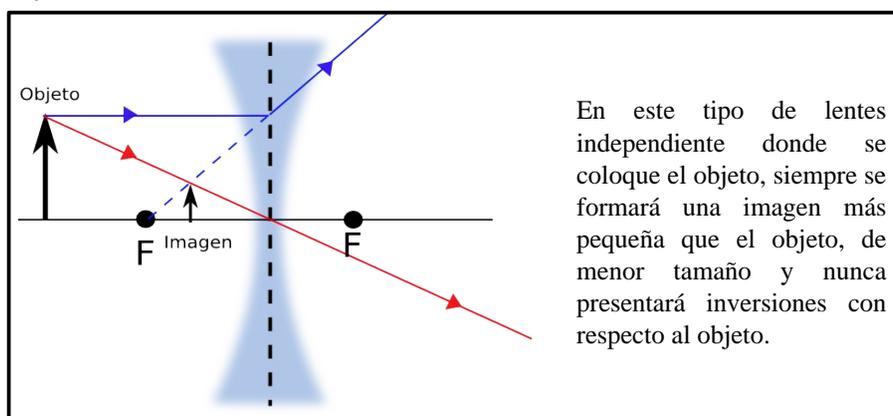
- 1- Si el objeto está entre F y $2F$ (centro de curvatura), se forma una imagen real de mayor tamaño que el objeto.
- 2- Si el objeto se encuentra a una distancia de $2F$, entonces se forma una imagen del mismo tamaño, invertida y a una distancia de $2F$ (centro de curvatura)
- 3- Si el objeto se ubica más allá de $2F$, entonces la imagen formada es de menor tamaño y está invertida con respecto al objeto.



2.2 Lentes Divergentes

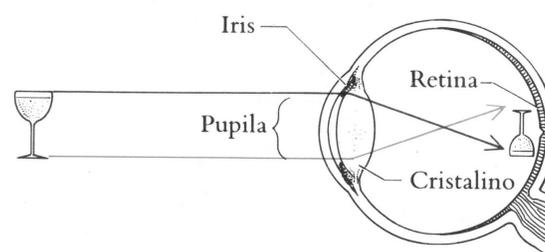
Una lente divergente se caracteriza por tener su centro más grueso y sus extremos más delgados. Los miopes no ven bien de lejos y tienden a acercarse demasiado a los objetos, para corregir este defecto se utilizan este tipo de lentes.

Las imágenes producidas por las lentes divergentes son virtuales, derechas y menores que los objetos



3. Ojo como sistema óptico

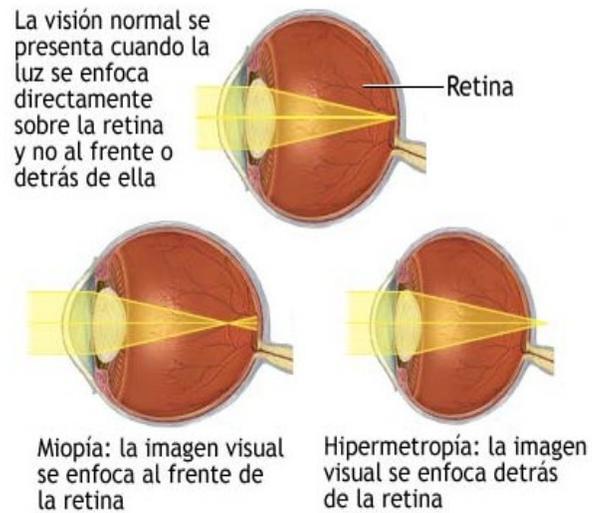
Podemos decir que el ojo, es un sistema de óptico adaptativo, pues los movimientos del cristalino, posibilitan el enfoque cuando miramos de cerca, o cuando miramos a lo lejos. Cuando un rayo de luz atraviesa el ojo, debe atravesar distintos componentes ópticos que se detallan a continuación: Primero ingresa a través del epitelio corneal, sigue a la cornea, se dirige al iris y entra el rayo por la pupila, y atraviesa el cristalino (lente cóncava), para luego seguir hacia el humor acuoso, el humor vítreo y finalmente llega a la retina.



3.1 Defectos de la vista

El ojo humano tiene una gran capacidad de acomodación que ayuda a enfocar las imágenes justo sobre la retina, debido a cambios de la curvatura del cristalino.

- Visión normal: el cristalino se adapta, de acuerdo con la distancia a los objetos.
- Miopía: el globo ocular es más alargado (cristalino más convergente). Se corrige con una lente divergente.
- Hipermetropía: el globo ocular es achatado, para su corrección se utiliza una lente convergente.
- Presbicia: el cristalino se endurece (vista cansada), se produce con el paso de los años. Se utilizan lentes convergentes para su corrección, pierde su capacidad para acomodar.
- Astigmatismo: es un defecto de la córnea debido a su curvatura irregular. Presenta una vista borrosa, sin nitidez. Se corrige con lentes cilíndricas.
- Estrabismo: es la incapacidad para dirigir los ojos hacia un mismo punto debido a la rigidez de la musculatura. Se corrige con lentes prismáticos.
- Daltonismo: defecto genético. No se ven todos los colores.
- Catarata: Pérdida de la transparencia del cristalino.
- Glaucoma: Aumento de la presión intraocular por obstrucción de los conductos de drenaje.



GUÍA DE EJERCICIOS N° 3
Ondas y Luz

1. La siguiente es la secuencia de los componentes del ojo que se interponen en la trayectoria de un rayo de luz visible: Córnea- _____ - humor vítreo - retina - nervio óptico

En esta secuencia, la alternativa que completa el orden es:

- a) cuerpo ciliar.
- b) Esclerótica.
- c) coroides.
- d) Cristalino.
- e) pupila.

2. Si el índice de refracción del agua es $n = 1,33$, entonces la velocidad aproximada de la luz en el agua es de:

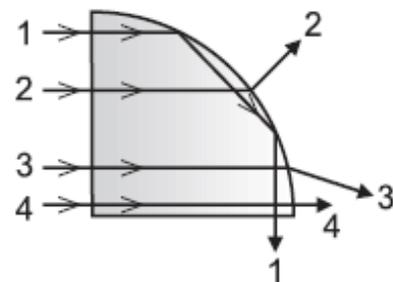
- a) A) 300.000 [km/s]
- b) B) 300.000 [km/h]
- c) C) 299.412 [km/h]
- d) D) 225.564 [km/s]
- e) E) 133.000 [km/s]

3. El robot submarino emite un haz de luz que se atenúa con la distancia hasta que desaparece totalmente. Tal comportamiento se explica, porque en el agua la luz se...

- a) dispersa y se refracta.
- b) refracta y se refleja.
- c) dispersa y se absorbe.
- d) refleja y se absorbe.
- e) ninguna de las anteriores

4. Un prisma de índice de refracción igual a 2,5 está conformado por un cristal cuya forma es un cuarto de cilindro, como muestra la figura. Cuatro rayos paralelos inciden sobre una de las caras planas. Los rayos cuyas trayectorias están incorrectamente dibujadas son:

- a) 1, 2 y 4
- b) 2 y 3
- c) sólo el 1
- d) sólo el 2
- e) ninguna de las anteriores

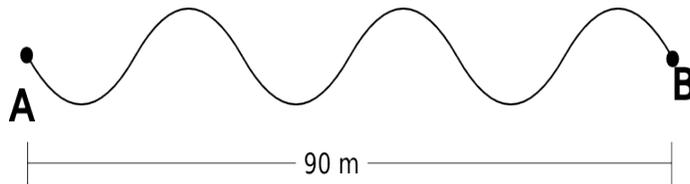


5. Radiaciones como rayos X, luz roja, luz ultravioleta, microondas u ondas de T.V. son caracterizadas por su longitud de onda (λ) y por su frecuencia (f). Cuando esas radiaciones se propagan en el vacío, todas presentan el mismo valor para:

- a) λ
- b) f
- c) $\lambda \cdot f$
- d) λ/f
- e) $2\lambda/f$

6. Si la onda dibujada demoró 30 (s) en ir de A hasta B, ¿cuál de las siguientes alternativas es falsa?

- a) El número de ciclos es 3 y la longitud de onda es 30 (m).
- b) La frecuencia es 0,1 (Hz)
- c) El período es 10 (s)
- d) La velocidad de propagación es 3 (m/s)
- e) Todas las anteriores son falsas.



7. En la refracción, la onda mantiene su:

- I. velocidad de propagación.
- II. longitud de onda.
- III. frecuencia.

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) I, II y III

8. Con respecto a la propagación de las ondas electromagnéticas es correcto afirmar que:

- I. Se propagan en el vacío.
- II. Producen oscilación de las partículas.
- III. No se propagan en medios materiales.

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) I, II y III

9. Cuando un haz de luz pasa del aire al agua, el rayo refractado se

- I. aleja de la normal.
- II. acerca a la normal.
- III. mantiene constante su frecuencia.

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y III
- e) Sólo II y III

10. Respecto a la luz es correcto afirmar que

- I. es de naturaleza electromagnética.
- II. es una onda transversal.
- III. no se propaga en medios materiales.

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) I, II y III

11. Una onda pasa de un medio 1 a un medio 2, incidiendo con un ángulo de 30° , y se refracta alejándose de la normal. Si la misma onda viajara del medio 2 al medio 1, incidiendo también con un ángulo de 30° ...

- a) Se refractaría en la misma dirección de la interferencia
- b) Se refractaría acercándose a la normal
- c) Se refractaría alejándose de la normal
- d) viajaría en dirección normal
- e) Sólo se reflejaría

12. Los espejos divergentes se caracterizan porque:

- I. Siempre forman imágenes virtuales
 - II. El foco siempre está detrás del espejo
 - III. Siempre forman imágenes de menor tamaño que el objeto.
- a) Sólo I
 - b) Sólo II
 - c) Sólo III
 - d) Sólo I y III
 - e) I, II y III

13. Se pueden obtener imágenes reales usando espejos:

- I. Planos.
- II. Cóncavos.
- III. Convexos

Es (son) verdadera(s)

- a) sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) I, II y III

14. Al ubicar un objeto frente a un espejo cóncavo es imposible obtener una imagen:

- a) Virtual, derecha, más grande.
- b) Virtual, derecha, más pequeña
- c) Real, invertida, más pequeña
- d) Real, invertida, grande.
- e) Real, invertida y de igual tamaño.

15. Al usar una lupa para obtener una imagen virtual, derecha y más grande que el objeto, se observa que después del ojo las posiciones son:

- a) imagen, lente y objeto.
- b) imagen, objeto y lente.
- c) lente, objeto e imagen.
- d) objeto, lente e imagen.
- e) lente, imagen y objeto.

16. ¿En qué caso al colocar un objeto frente a un espejo cóncavo este no forma imagen

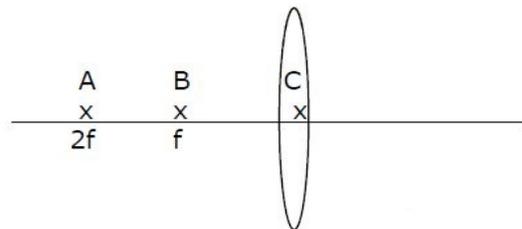
- I. Si el objeto se coloca en el centro de curvatura.
- II. Si el objeto se coloca en el foco.
- III. Si el objeto se coloca en el vértice del espejo.

Es (son) verdadera(s)

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) Ninguna de ellas

17. En la figura se observa una lente biconvexa y su eje principal donde se destacan tres puntos. Bajo los puntos A y B se indican las distancias a las que se encuentran estos puntos respecto del centro óptico C, siendo f la distancia focal. Se puede obtener una imagen virtual siempre que el objeto se ubique:

- a) En el punto B
- b) En el punto A
- c) Entre C y A
- d) Entre C y B
- e) Entre A y el infinito



Soluciones

1	D	11	B
2	D	12	E
3	C	13	B
4	D	14	B
5	C	15	C
6	E	16	B
7	C	17	D
8	A	18	
9	E	19	
10	D	20	