



## Problemas de "Óptica I. Óptica física" 2º de bachillerato. Física



1. Calcular la energía de un fotón de luz amarilla de longitud de onda igual a  $5,8 \cdot 10^3 \text{ \AA}$ .

Solución:  $3,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

2. Una de las frecuencias utilizadas en telefonía móvil (sistema GSM) es 900 MHz. ¿Cuántos fotones GSM necesitamos para obtener la misma energía que con un solo fotón de luz violeta de frecuencia  $7,5 \cdot 10^8 \text{ MHz}$ ?

Solución:  $8,32 \cdot 10^5$  fotones.

3. El índice de refracción absoluto del diamante es 2,38 para una luz cuya longitud de onda es de 6200 Å en el aire. Calcular:

a) La velocidad de esa luz en el diamante.

b) Su longitud de onda y su frecuencia en el interior del diamante.

Solución:  $1,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ; 260 nm,  $4,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

4. Un haz luminoso incide sobre la superficie de un medio cristalino en contacto con el aire formando un ángulo de  $30^\circ$  con la normal a la superficie. Si el ángulo de refracción resultante es de  $22^\circ$ , ¿Cuál es la velocidad de la luz en ese medio? Velocidad de la luz en el vacío  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Solución:  $2,25 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

5. ¿Cuál es el ángulo límite para la luz que pasa del benceno ( $n=1,50$ ) al agua ( $n=1,33$ )? ¿Y si la luz pasa del agua al benceno?

Solución:  $62,5^\circ$ .

6. Una lámina de vidrio de caras planas y paralelas, situada en el aire, tiene un espesor de 5,4 cm y un índice de refracción  $n=1,64$ . Un rayo de luz mono cromática incide en la cara superior de la lámina con un ángulo de  $45^\circ$ . Calcula:

a) Los valores del ángulo de refracción en el interior de la lámina y del ángulo de emergencia.

b) El desplazamiento lateral experimentado por el citado rayo al atravesar la lámina y la distancia recorrida por el rayo dentro de la misma.

Solución:  $25,5^\circ$ ,  $45^\circ$ ; 2,0 cm, 6,0 cm.

7. Sobre un prisma de vidrio de ángulo  $40^\circ$  e índice de refracción 1,51, situado en el aire, incide un rayo de luz monocromática con un ángulo de  $45^\circ$ . Calcula:

a) El ángulo de emergencia del rayo de luz.

b) El ángulo de desviación sufrido por el rayo.

c) El ángulo de desviación mínima que corresponde a ese prisma.

Solución:  $18,5^\circ$ ;  $23,5^\circ$ .

8. Un rayo de luz monocromática incide sobre una cara lateral de un prisma de vidrio de índice de refracción  $n = \sqrt{2}$ . El ángulo del prisma es  $\alpha=60^\circ$ . Determine:

a) El ángulo de emergencia a través de la segunda cara lateral si el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$ . Efectúe un esquema gráfico de la marcha del rayo.

b) El ángulo de incidencia para que el ángulo de emergencia del rayo sea  $90^\circ$ .

Solución:  $63,58^\circ$ ;  $21,5^\circ$ .

9. a) Defina el concepto de ángulo límite y determine su expresión para el caso de dos medios de índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$ , si  $n_1 > n_2$ .

b) Sabiendo que el ángulo límite definido entre un medio material y el aire es  $60^\circ$ , determine la

velocidad de la luz en dicho medio.

Dato: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Solución:  $i_L = \arcsen(n_2/n_1)$ ;  $2,6 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

10. Sobre una lámina transparente de índice de refracción 1,5 y de 1 cm de espesor, situada en el vacío, incide un rayo luminoso formando un ángulo de  $30^\circ$  con la normal a la cara. Calcule:

- El ángulo que forma con la normal el rayo que emerge de la lámina. Efectúe la construcción geométrica correspondiente.
- La distancia recorrida por el rayo dentro de la lámina.

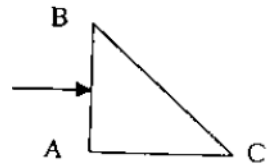
Solución:  $30^\circ$ ; 1,06 cm.

11. Se tiene un prisma óptico de índice de refracción 1,5 inmerso en el aire. La sección del prisma es un triángulo rectángulo isósceles como muestra la figura.

Un rayo luminoso incide perpendicularmente sobre la cara AB del prisma.

- Explique si se produce o no reflexión total en la cara BC del prisma.
- Haga un esquema gráfico de la trayectoria seguida por el rayo a través del prisma. ¿Cuál es la dirección del rayo emergente?

Solución: Existe reflexión total; perpendicular a la cara AC.



12. Un buceador enciende una linterna debajo del agua (índice de refracción 1,33) y dirige el haz luminoso hacia arriba formando un ángulo de  $40^\circ$  con la vertical.

- ¿Con qué ángulo emergerá la luz del agua?
- ¿Cuál es el ángulo de incidencia a partir del cual la luz no saldrá del agua?

Efectúe esquemas gráficos en la explicación de ambos apartados.

Solución:  $58,75^\circ$ ;  $48,75^\circ$ .

13. Una superficie plana separa dos medios de índices de refracción distintos  $n_1$  y  $n_2$ . Un rayo de luz incide desde el medio de índice  $n_1$ . Razone si son verdaderas o falsas las afirmaciones siguientes:

- El ángulo de incidencia es mayor que el ángulo de reflexión.
- Los ángulos de incidencia y de refracción son siempre iguales.
- El rayo incidente, el reflejado y el refractado están en el mismo plano.
- Si  $n_1 > n_2$  se produce reflexión total para cualquier ángulo de incidencia.

Solución: teórico, f, f, v, f.

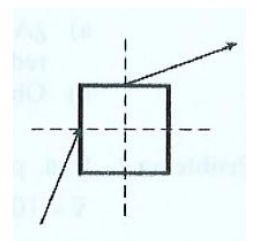
14. a) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz y efectúe los esquemas gráficos correspondientes.

b) Defina el concepto de ángulo límite y explique el fenómeno de reflexión total.

Solución: teoría.

15. Un rayo de luz monocromática incide en el centro de la cara lateral de un cubo de vidrio inmerso en un medio de índice de refracción 1,3.

- Determine el ángulo de incidencia del rayo sabiendo que la luz emerge por el punto central de la cara superior como muestra la figura.
- Halle el ángulo de incidencia máximo en la cara lateral para que se produzca reflexión total en la cara superior.



Dato: índice de refracción del vidrio  $n_v = 1,5$

Solución:  $54,7^\circ$ ;  $35,1^\circ$

16. Considérese un haz de luz monocromática, cuya longitud de onda en el vacío es  $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$ .

Este haz incide, desde el aire, sobre la pared plana de vidrio de un acuario con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ . Determine:

- El ángulo de refracción en el vidrio, sabiendo que su índice de refracción es  $n_1 = 1,5$ .
- La longitud de onda de dicho haz en el agua, sabiendo que su índice de refracción es  $n_2 = 1,33$ .

Datos: Índice de refracción del aire  $n = 1$ .

Solución: 19,5; 451 nm.

17.

En tres experimentos independientes, un haz de luz de frecuencia  $f=10^{15}$  Hz incide desde cada uno de los materiales de la tabla sobre la superficie de separación de éstos con el aire, con un ángulo de incidencia de  $20^\circ$ , produciéndose reflexión y refracción.

Material	Diamante	Cuarzo	Agua
Índice de refracción	2,42	1,46	1,33

- ¿Depende el ángulo de reflexión del material? Justifique la respuesta.
- ¿En qué material la velocidad de propagación de la luz es menor? Determine en este caso el ángulo de refracción.
- ¿En qué material la longitud de onda del haz de luz es mayor? Determine en este caso el ángulo de refracción.
- Si el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$ , ¿se producirá el fenómeno de reflexión total en alguno(s) de los materiales?

Solución: no; diamante,  $55,9^\circ$ ; agua,  $27,1^\circ$ .

18.

Una lámina de vidrio (índice de refracción  $n = 1,52$ ) de caras planas y paralelas y espesor  $d$  se encuentra entre el aire y el agua. Un rayo de luz monocromática de frecuencia  $5 \times 10^{14}$  Hz incide desde el agua en la lámina. Determine:

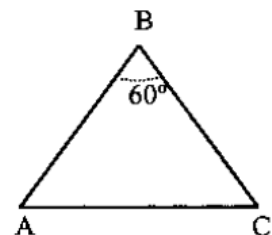
- Las longitudes de onda del rayo en el agua y en el vidrio.
- El ángulo de incidencia en la primera cara de la lámina a partir del cual se produce reflexión total interna en la segunda cara.

Datos: Índice de refracción de agua  $n_{\text{agua}} = 1,33$ ; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m/s

Solución:  $3,95 \cdot 10^{-7}$  m,  $4,51 \cdot 10^{-7}$  m;  $48,7^\circ$ .

19.

Sobre un prisma de ángulo  $60^\circ$  como el de la figura, situado en el vacío, incide un rayo luminoso monocromático que forma un ángulo de  $41,3^\circ$  con la normal a la cara AB. Sabiendo que en el interior del prisma el rayo es paralelo a la base AC:



- Calcule el índice de refracción del prisma.
- Realice el esquema gráfico de la trayectoria seguida por el rayo a través del prisma.
- Determine el ángulo de desviación del rayo al atravesar el prisma.
- Explique si la frecuencia y la longitud de onda correspondientes al rayo luminoso son distintas, o no, dentro y fuera del prisma.

Solución: 1,32;  $22,6^\circ$ ; frecuencia no cambia, longitud de onda en el rayo es menor que en el vacío.

20. Un rayo de luz blanca incide desde el aire sobre una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de  $28^\circ$ .

- Calcula los ángulos de refracción de los rayos rojo y azul, componentes de la luz blanca.
- ¿Qué ángulo formarán entre sí en el interior del vidrio los rayos rojo y azul? Datos: los índices de refracción absolutos del vidrio para estos colores son  $n_r=1,612$  y  $n_a=1,671$ .

Solución:  $16,9^\circ$ ;  $16,3^\circ$ ;  $0,6^\circ$

1.– Un rayo de luz monocromática incide en una de las caras de una lámina de vidrio, de caras planas y paralelas, con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ . La lámina de vidrio, situada en el aire, tiene un espesor de  $5\text{ cm}$  y un índice de refracción de  $1,5$ .

- Dibuja el camino seguido por el rayo.
- Calcula la longitud recorrida por el rayo en el interior de la lámina.

Calcula el ángulo que forma con la normal el rayo que emerge de la lámina.

2.– ¿Cómo es el ángulo de refracción cuando la luz pasa del aire al agua: mayor, menor o igual que el ángulo de incidencia? Explica razonadamente la respuesta y dibuja el diagrama de rayos.

3.– Sobre la cara lateral de un prisma de vidrio de índice de refracción  $1,4$  y ángulo en el vértice  $50^\circ$ , incide un rayo de luz con un ángulo de  $20^\circ$ . Determina:

- el ángulo de desviación sufrido por el rayo
- el ángulo de desviación mínima que corresponde a este prisma.

Datos: El prisma se encuentra situado en el aire.

$$\delta = 25,1^\circ ; \delta' = 22,55^\circ$$

4.– A un prisma óptico de ángulo de refringencia  $A = 50^\circ$  llega un rayo de luz monocromático bajo un ángulo de incidencia de  $40^\circ$ . Sabiendo que el ángulo de desviación producido por el prisma en este rayo es de  $30^\circ$  y que el medio que rodea al prisma es aire,

- calcula el valor del ángulo de emergencia del citado rayo
- calcula el valor del índice de refracción del prisma
- dibuja la marcha del rayo a través del prisma.

5.– Un rayo de luz monocromática que se propaga en un medio de índice de refracción  $1,58$  penetra en otro medio de índice de refracción  $1,23$  formando un ángulo de incidencia de  $15^\circ$  (respecto a la normal) en la superficie de discontinuidad entre ambos medios.

- Determina el valor del ángulo de refracción correspondiente al ángulo de incidencia anterior. Haz un dibujo esquemático.
- Define ángulo límite y calcula su valor para este par de medios.

a)  $19^\circ 25' 51''$     b) ángulo de incidencia para un ángulo refractado de  $90^\circ$  ;    ;

6.– Responde a las siguientes preguntas:

- Un recipiente cúbico de paredes opacas y  $25\text{ cm}$  de lado, con sus caras orientadas hacia los puntos cardinales, está abierto en su parte superior y se coloca sobre una superficie horizontal. El Sol está situado en la dirección Sur, de modo que los rayos que provienen del mismo e inciden sobre el recipiente forman  $60^\circ$  con la horizontal. ¿Qué longitud tiene la sombra formada en el fondo del recipiente por la pared vertical del mismo? Si posteriormente se llena de agua con índice de refracción  $1,33$  hasta  $20\text{ cm}$  de altura, ¿en cuánto aumenta o disminuye la longitud de la sombra anterior?
- ¿Qué es el arco iris? Explica su formación.

7.– Responde, razonadamente, a las siguientes preguntas:

- El índice de refracción del agua disminuye al hacerle la frecuencia de la luz. Al incidir en agua rayos de luz desde el aire, ¿se desviará más la luz azul o la roja?
- La luz del Sol incide sobre una ventana de  $4,2\text{ m}$  de alto y  $2,5\text{ m}$  de ancho en la pared vertical de un edificio orientada exactamente hacia el Sur, reflejándose hacia el exterior. Si en ese momento el Sol se encuentra en la dirección Sur de tal modo que los rayos que provienen de él forman  $40^\circ$  con la horizontal, ¿qué forma y tamaño tiene la mancha brillante del reflejo en el suelo horizontal de la calle?

- 8.– Responde, razonadamente, a las siguientes preguntas:
- Un rayo de luz incide oblicuamente sobre un vidrio plano de índice de refracción 1,52, produciéndose un rayo reflejado y otro refractado. Si el ángulo de incidencia es de  $20^\circ$ , determina el ángulo  $\alpha$  que forman entre sí los rayos reflejado y refractado.
  - Si el ángulo de incidencia es un poco mayor que  $20^\circ$ , ¿crecerá o decrecerá el ángulo  $\alpha$ ?
  - Ordena en frecuencias crecientes las radiaciones: verde, violeta, infrarroja, rayos X. Haz lo mismo en longitud de onda.
- 9.– Responde, razonadamente, a las siguientes preguntas:
- Enuncia el Principio de Huygens y, a partir de él, demuestra las leyes de reflexión y refracción para una onda que incide sobre la superficie plana de separación entre dos medios, en los que la onda se propaga con velocidades diferentes  $v_1$  y  $v_2$ .
  - Una onda de frecuencia  $\nu = 4 \text{ Hz}$  se propaga por un medio con velocidad  $v_1 = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e incide sobre la frontera con otro medio diferente con ángulo de incidencia  $\varepsilon = 30^\circ$ . En el segundo medio la velocidad de propagación de la onda es  $v_2 = 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Calcula el ángulo de refracción y la longitud de onda en este segundo medio.
- 10.– Contesta razonadamente:
- ¿Qué se entiende por refracción de la luz? Explica que es el ángulo límite y, utilizando un diagrama de rayos, indica cómo se determina.
  - Una fibra óptica es un hilo transparente a lo largo del cual puede propagarse la luz, sin salir al exterior. Explica por qué la luz “no se escapa” a través de las paredes de la fibra.
- 11.– Contesta razonadamente:
- Enuncia y explica, utilizando los esquemas adecuados, las leyes de la reflexión y refracción de la luz.
  - Un rayo láser pasa de un medio a otro, de menor índice de refracción. Explica si el ángulo de refracción es mayor o menor que el de incidencia. ¿Podría existir reflexión total?
- 12.– Contesta razonadamente:
- Explica los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.
  - El índice de refracción del agua respecto del aire es  $n > 1$ . Razona cuáles de las siguientes magnitudes cambian, y cómo, al pasar un haz de luz del aire al agua: frecuencia, longitud de onda, velocidad de propagación.
- 13.– Un rayo de luz amarilla, emitida por una lámpara de sodio, tiene una longitud de onda en el vacío de  $580 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ .
- Determina la velocidad de propagación y la longitud de onda de dicha luz en el interior de una fibra de cuarzo, cuyo índice de refracción es  $n = 1,5$ .
  - ¿Pueden existir valores del ángulo de incidencia para los que un haz de luz, que se propaga por el interior de una fibra de cuarzo, no salga al exterior? Explica el fenómeno y, en su caso, calcula los valores del ángulo de incidencia para los cuales tiene lugar.
- Datos:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- 14.– Un rayo de luz amarilla, emitido por una lámpara de vapor de sodio, posee una longitud de onda en el vacío de  $5,9 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ .
- Determina la frecuencia, velocidad de propagación y longitud de onda de la luz en el

interior de una fibra óptica de índice de refracción 1,5.

- b) ¿Cuál es el ángulo de incidencia mínimo para que un rayo que incide en la pared interna de la fibra no salga al exterior? ¿Cómo se denomina este ángulo?

Datos:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

15.– Un rayo de luz pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  respecto a la normal.

- a) Dibuja en un esquema los rayos incidente y refractado y calcula el ángulo de refracción.  
b) ¿Cuál debería ser el ángulo de incidencia para que el rayo refractado fuera paralelo a la superficie de separación agua–aire?

Datos: Índice de refracción del agua respecto al aire:  $n = 1,3$

16.– Contesta razonadamente:

- a) Indica las diferencias que, a tu juicio, existen entre los fenómenos de refracción y de dispersión de la luz. ¿Puede un rayo de luz monocromática sufrir ambos fenómenos?  
b) ¿Por qué no se observa dispersión cuando la luz blanca atraviesa una lámina de vidrio de caras plano–paralelas?

17.– El ángulo de desviación mínima en un prisma óptico es de  $30^\circ$ . Si el ángulo del prisma es de  $50^\circ$  y éste está situado en el aire, determina:

- a) el ángulo de incidencia para que se produzca la desviación mínima del rayo  
b) el índice de refracción del prisma.  
b) a)  $40^\circ$  ;  $n = 1,51$

18.– Responde:

- a) Un rayo luminoso que se propaga en el aire incide sobre el agua de un estanque con un ángulo de  $30^\circ$ . ¿Qué ángulo forman entre sí los rayos reflejado y refractado?  
b) Si el rayo luminoso se propagase desde el agua hacia el aire, ¿a partir de qué valor del ángulo de incidencia se presentará el fenómeno de reflexión total?

19.– Un rayo de luz blanca incide desde el aire sobre una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ .

- a) ¿Qué ángulo formarán entre sí en el interior del vidrio los rayos rojo y azul, componentes de la luz blanca, si los valores de los índices de refracción del vidrio para estos colores son, respectivamente,  $n_{\text{rojo}} = 1,612$  y  $n_{\text{azul}} = 1,671$ ?  
b) ¿Cuáles serán los valores de la frecuencia y de la longitud de onda correspondientes a cada una de estas radiaciones en el vidrio, si las longitudes de onda en el vacío son, respectivamente,  $\lambda_{\text{rojo}} = 656,3 \text{ nm}$  y  $\lambda_{\text{azul}} = 486,1 \text{ nm}$ ?

Datos: Velocidad  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  de la luz en el vacío

- a)  $\alpha_{\text{rojo}} = 18,1^\circ$  ;  $\alpha_{\text{azul}} = 17,4^\circ$  ;  $\Delta\alpha = 0,7^\circ$  ;  $\nu_{\text{rojo}} = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  ;  $\nu_{\text{azul}} = 6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$   
b) ;  $\lambda_{\text{rojo}} = 407 \text{ nm}$  y  $\lambda_{\text{azul}} = 290 \text{ nm}$

20.– Un rayo de luz monocromática que se propaga en el aire penetra en el agua de un estanque:

- a) ¿Qué fenómeno luminoso se origina al pasar la luz del aire al agua? Enuncia las leyes que se verifican en este fenómeno.  
b) Explica si la velocidad, la frecuencia y la longitud de onda cambian al pasar la luz de un medio a otro.



21.- Una fuente luminosa emite luz monocromática de longitud de onda en el vacío  $\lambda_0 = 6 \cdot 10^{-7}$  m (luz roja) que se propaga en el agua, de índice de refracción  $n = 1,34$ . Determina:

- la velocidad de propagación de la luz en el agua
- la frecuencia y la longitud de onda de la luz en el agua.

Datos:  $c = 3 \cdot 10^8$  Velocidad de la luz en el vacío  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

a)  $v = 2,24 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  b) ;  $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  ;  $\lambda = 448 \text{ nm}$

22.- Determina el ángulo crítico para reflexión total entre el agua y el aire.

Datos: Índice de refracción del agua 1,33.

23.- Un rayo de luz monocromática incide sobre una cara lateral de un prisma de vidrio, de índice de refracción  $n = \sqrt{2}$ . El ángulo del prisma es  $\alpha = 60^\circ$ . Determina:

- el ángulo de emergencia a través de la segunda cara lateral si el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$ . Efectúa un esquema gráfico de la marcha del rayo.
- el ángulo de incidencia para que el ángulo de emergencia del rayo sea  $90^\circ$ .

24.- Un haz luminoso está constituido por dos rayos de luz superpuestos: uno azul de longitud de onda  $450 \text{ nm}$  y otro rojo de longitud de onda  $650 \text{ nm}$ . Si este haz incide desde el aire sobre la superficie plana de un vidrio con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ , calcula:

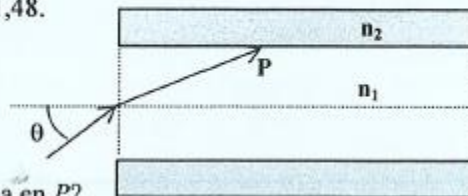
- el ángulo que forman entre si los rayos azul y rojo reflejados.
- el ángulo que forman entre si los rayos azul y rojo refractados.

Datos: Índice de refracción del vidrio para el rayo azul  $n_{\text{azul}} = 1,55$ ; índice de refracción del vidrio para el rayo rojo  $n_{\text{rojo}} = 1,40$

25.-

Un rayo de luz de longitud de onda en el vacío  $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$  incide desde el aire sobre el extremo de una fibra óptica formando un ángulo  $\theta$  con el eje de la fibra (ver figura), siendo el índice de refracción  $n_1$  dentro de la fibra 1,48.

- ¿Cuál es la longitud de onda de la luz dentro de la fibra?
- La fibra está revestida de un material de índice de refracción  $n_2 = 1,44$ .  
¿Cuál es el valor máximo del ángulo  $\theta$  para que se produzca reflexión total interna en P?



Sol:  $4,39 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ;  $19,98^\circ$

