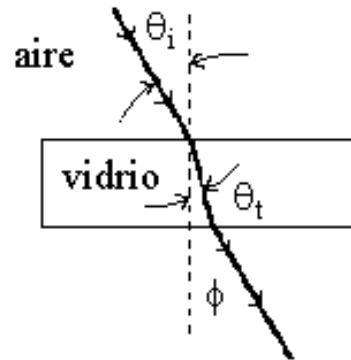


Óptica geométrica

Ejercicios propuestos

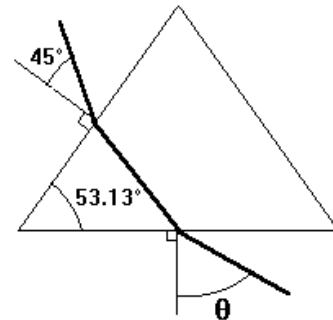
1. Se tiene una muestra de vidrio flint, como se indica en la figura. Un rayo de luz incide sobre la muestra y la velocidad del rayo en dicha muestra es de 1.6×10^8 [m/s] con una longitud de onda de 656 [nm]. Con base en ello, determine:

- El índice de refracción del material.
- La frecuencia con la cual se propaga la luz en el material.
- El ángulo de refracción si $\theta_i = 30^\circ$.
- El ángulo con el cual sale el rayo de luz del otro lado de la muestra, es decir ϕ .



2. Con base en la figura:

- Determinar el ángulo θ al que el rayo luminoso sale del prisma, si se sabe que el medio circundante al prisma es agua y que los índices de refracción del agua y del prisma son respectivamente: $n_a = 1.33$, $n_p = 1.65$.
- Calcule la rapidez a la que viaja la luz dentro del prisma considerando que la rapidez de la luz en el vacío es de $c = 3 \times 10^8$ [m/s].



3. En un tanque cilíndrico abierto en su parte superior, el cual tiene un diámetro de 3 m y está completamente lleno de un líquido, se realizaron mediciones de presión manométrica (P) a diferentes profundidades (z), como se muestra en la tabla. Si se sabe que el valor de la aceleración de la gravedad del lugar es de 9.81 m/s^2 y que la masa del líquido contenido es de 23 962 kg, calcule:

- El módulo del peso específico del líquido.
- La densidad de dicho líquido.
- El volumen del tanque en litros.
- El índice de refracción del líquido si se sabe que cuando la luz del Sol, en el ocaso, forma un ángulo de 28° con el horizonte, la luz solar deja de iluminar el fondo del tanque.

| P [kPa] | z [m] |
|--------------|------------|
| 0 | 0 |
| 9.798 | 1 |
| 19.597 | 2 |
| 29.405 | 3 |

$n_{\text{aire}} = 1.00029$

4. En la figura se muestra un arreglo de dos superficies una refractiva y otra reflectora. Desde el aire se hizo incidir un rayo de luz en la primera y se midieron las desviaciones del rayo que incide sobre la segunda. Obteniéndose la tabla I con base en la figura y en las dos tablas determine:
- El modelo matemático lineal que relaciona el ángulo de incidencia (θ_i) con el ángulo de transmisión (θ_t). Considere en el eje de las ordenadas al ángulo de incidencia.
 - El significado físico de la pendiente del modelo anterior.
 - A partir de la tabla II, indique de qué material es la superficie refractiva.
 - ¿Qué ángulo debe girar el espejo, en el sentido que se muestra y a partir de esta posición en la figura, para que el rayo reflejado sea paralelo a la normal de la superficie refractiva?

Tabla I

| θ_i [°] | d [mm] |
|----------------|--------|
| 10 | 1.19 |
| 20 | 2.47 |
| 30 | 3.92 |
| 40 | 5.65 |
| 50 | 7.75 |
| 60 | 10.32 |

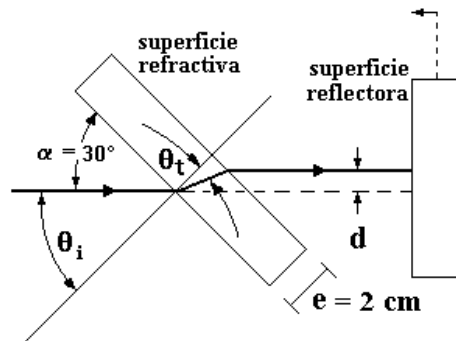
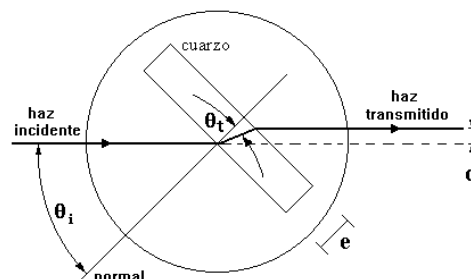


Tabla II

| material | índice de refracción |
|-----------|----------------------|
| diamante | 2.42 |
| plexiglás | 1.51 |
| vidrio | 1.66 |

5. Con el dispositivo que se muestra en la figura, se tomaron datos del ángulo de incidencia y de la desviación lateral d , para determinar el índice de refracción del cuarzo, cuyo espesor “ e ” es de 5 mm. Considerando que el cuarzo se encontraba rodeado de aire:
- Obtenga el modelo matemático que relaciona el $\sin \theta_i$ en función del $\sin \theta_t$.
 - ¿Cuál es el índice de refracción del cuarzo?
 - Si el índice de refracción del cuarzo fuese 1.54, ¿cuál sería el ángulo de reflexión de un rayo de luz que incidiera con un ángulo de 60° , respecto a la normal de la superficie del cuarzo?
 - Si el índice de refracción del cuarzo fuese 1.54, ¿cuál sería el ángulo de refracción de un rayo de luz que incidiera con un ángulo de 50° , respecto a la normal de la superficie del cuarzo?

| θ_i [°] | d [mm] |
|----------------|--------|
| 30 | 1.02 |
| 35 | 1.23 |
| 40 | 1.46 |
| 45 | 1.71 |
| 50 | 1.99 |
| 55 | 2.30 |



6. En una superficie de un material translúcido se hizo incidir un rayo de luz variando el ángulo α como se muestra en la figura. Se midió también el ángulo β dentro del material según se muestra en la tabla 1. El material se encontraba rodeado de etanol líquido. Con base en ello, determine:
- El modelo matemático lineal que relaciona el ángulo de incidencia θ_i con el ángulo de transmisión θ_t , (considerando que el ángulo de incidencia está tabulado en el eje de las ordenadas).
 - El material del que probablemente se trata, de acuerdo con la tabla 2.
 - El ángulo de reflexión si un rayo de luz incide a 30° con respecto a la normal, suponiendo que el material es vidrio.
 - La velocidad del rayo de luz en el material, suponiendo que este último es poliestireno y que el ángulo de incidencia fuese de 45° .

Tabla 1

| α [°] | β [°] |
|--------------|-------------|
| 85 | 4.47 |
| 75 | 13.39 |
| 65 | 22.82 |
| 55 | 30.88 |
| 45 | 39.25 |
| 35 | 47.13 |

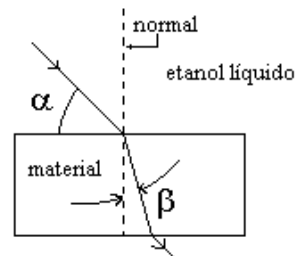


Tabla 2

| material | n |
|--------------|--------|
| etanol | 1.36 |
| vidrio | 1.52 |
| poliestireno | 1.60 |
| plástico | 1.2 |
| material "x" | 1.6453 |

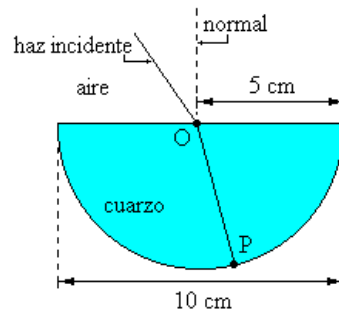
7. En una pecera de vidrio de base rectangular se coloca agua y dentro de ella unos diamantes. En la figura se muestra una sección transversal de la pecera. Con base en la figura y en la tabla que se muestra, determine:
- El ángulo de refracción o transmisión, en el agua, del rayo de luz que se muestra en la figura.
 - La rapidez del rayo de luz en el vidrio y en el agua. Recuerde que $c = 3 \times 10^8$ [m/s].

| material | n |
|----------|--------|
| aire | 1.0003 |
| agua | 1.333 |
| vidrio | 1.52 |
| diamante | 2.4 |



8. Un haz de luz en el aire incide sobre una superficie de una placa semicircular de cuarzo formando un ángulo de $\pi/5$ radianes con la normal como se indica en la figura. El haz respectivo tiene una longitud de onda $\lambda = 589$ [nm]. El índice de refracción del cuarzo empleado es 1.46, determine:

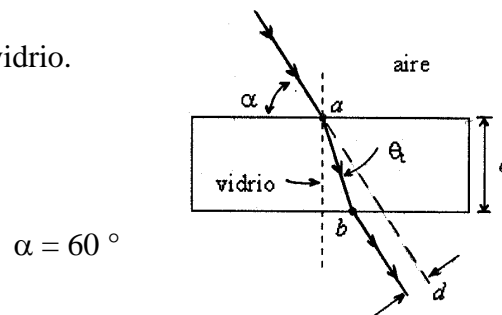
- El ángulo de transmisión o refracción, en grados, en el cuarzo.
- La velocidad del rayo de luz en el cuarzo.
- El período del haz de luz en el cuarzo.
- El ángulo que forma el haz emergente, es decir el haz que sale del cuarzo, con la recta tangente al material en el punto en que éste sale (punto P).



9. Un rayo de luz incide desde el aire ($n_a = 1.00029$) en el punto a de una placa de sección rectangular, de vidrio con índice de transmisión $n_v = 1.4$. El rayo de luz sale de la muestra en el punto b , la desviación d es 0.59 [cm] y el espesor e es 3.5 [cm], determine:

- El ángulo θ_t en el vidrio, en radianes.
- El tiempo Δt que emplea la luz en cruzar el vidrio.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ [m/s]}$$



10. En un experimento se generaron varias ondas electromagnéticas. Se modificó el medio en el cual se propagaban y con ello la rapidez de propagación de dichas ondas. Si se conocen los índices de refracción (n) de los medios empleados, las longitudes de onda (λ) correspondientes, según se muestra en la tabla, y se mantuvo la frecuencia de la señal fija, determine en el SI:

- El modelo matemático lineal, en el SI, que relaciona a la rapidez de propagación con la longitud de onda, es decir $v = f(\lambda)$. Para ello utilice el método de mínimos cuadrados y considere que la ordenada al origen es despreciable.
- El significado físico de la pendiente del modelo anterior y calcule la frecuencia empleada en el experimento.
- Si el medio utilizado hubiese sido diamante, ($n = 2.4$), ¿cuál hubiese sido la longitud de onda del rayo utilizado? Utilice el modelo matemático obtenido en el primer inciso.
- Considerando el rayo del inciso anterior, si el ángulo de incidencia hubiese sido 36 [°], con respecto a la normal, ¿cuál hubiese sido el ángulo de reflexión al incidir en el diamante?

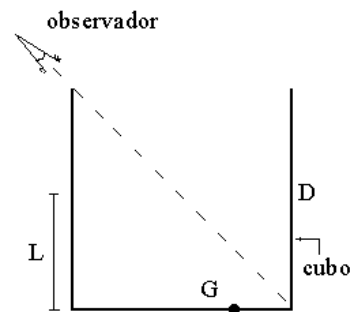
| medio | n | λ [nm] |
|---|-------|----------------|
| hielo (H ₂ O) | 1.309 | 389.77 |
| Fluorita (CaF ₂) | 1.434 | 355.79 |
| Cuarzo (SiO ₂) | 1.544 | 330.44 |
| Circonita (ZrO ₂ :SiO ₂) | 1.923 | 265.32 |

$$c = 300\,000 \text{ [km/s]}$$

11. En un experimento de óptica se hizo incidir un rayo de luz en un cubo de vidrio ($n_{\text{vidrio}} = 1.7$) rodeado de aire ($n_{\text{aire}} \approx 1$). Se midieron los ángulos de incidencia (θ_i) y los ángulos de reflexión (θ_r) correspondientes, determine, en el SI:
- El modelo matemático que relaciona a las variables del experimento, considere que el ángulo de incidencia fue la variable independiente y que la ordenada al origen es despreciable.
 - El ángulo de refracción o transmisión (θ_t) dentro del vidrio si $\theta_i = \pi/4$ [rad].

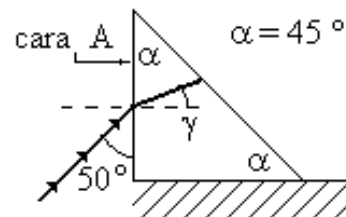
| θ_i [°] | θ_r [rad] |
|----------------|------------------|
| 5 | 0.09 |
| 15 | 0.267 |

12. El cubo de la figura es de paredes opacas, de 40 [cm] de lado y se encuentra rodeado de aire. Se tiene una marca en el punto G, a 10 [cm] de la pared D. El observador ve toda la pared D, pero no ve nada del fondo. Si se agrega agua, cuyo índice de refracción es $4/3$, hasta una altura $L = 26.7$ [cm] para que el observador vea la marca (punto G), determine, en el SI, el ángulo de transmisión en el líquido.



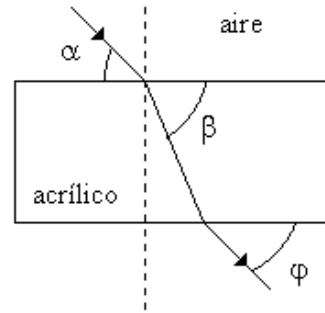
13. En un prisma, rodeado de aire ($n_{\text{aire}} = 1$), colocado como se muestra en la figura, se hizo incidir un rayo de luz monocromática en la cara A. Sabiendo que $c = 3 \times 10^8$ [m/s], determine en SI:

- El índice de refracción del prisma si se sabe que la rapidez de propagación dentro del mismo es 187.5×10^6 [m/s]. Indique también su expresión dimensional.
- El ángulo de transmisión que forma el rayo de luz dentro del prisma, es decir, el ángulo γ que se indica.



14. Un rayo de luz monocromática con longitud de onda $\lambda = 630 \text{ [nm]}$, proveniente del aire ($n_{\text{aire}} = 1.00029$), incide sobre una cara del prisma rectangular de acrílico que se muestra en la figura. Con base en esto y en la información, determine en el SI:

- El índice de transmisión del acrílico.
- El periodo de la luz en el acrílico, recuerde que la frecuencia de esta luz es constante. Además determine el ángulo ϕ que se muestra.

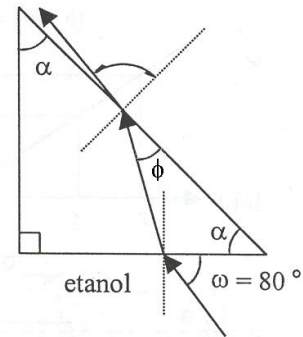


$$\alpha = 30 \text{ [}^\circ\text{]}; \beta = 53 \text{ [}^\circ\text{]}$$

15. Un rayo de luz azul de longitud de onda de $500 \text{ [}\text{\AA}\text{]}$ se hizo incidir sobre una cara de un prisma triangular de vidrio flint ($n = 1.7$) sumergido en etanol ($n = 1.36$), como se indica en la figura. Considerando que la frecuencia del rayo de luz se mantiene constante al transmitirse y que $c = 3 \times 10^8 \text{ [m/s]}$, determine:

- La longitud de onda de la luz en el interior del prisma, en [nm].
- El ángulo ϕ , en grados.

$$1 \text{ [}\text{\AA}\text{]} = 10^{-10} \text{ [m]}$$



Respuestas de los ejercicios propuestos

1. a) $n = 1.875$
b) $f = 2.43 \times 10^{14}$ [Hz]
c) $\theta_t = 15.466$ [°]
d) $\phi = 30$ [°]
2. a) $\theta = 23.04$ [°]
b) $v = 181.82 \times 10^6$ [m/s]
3. a) $\gamma = 9801.4$ [N/m³]
b) $\rho = 999.1233$ [kg/m³]
c) $V = 23\,983$ [ℓ]
d) $n = 1.333$
4. a) $\text{sen } \theta_i [1] = 1.5103 [1] \text{sen } \theta_t [1]$
b) $m = n_{\text{mat}} / n_{\text{aire}}$
c) plexiglás
d) 30 [°]
5. a) $\text{sen } \theta_i [1] = 1.5367 [1] \text{sen } \theta_t [1] + 0.0029 [1]$
b) $n = 1.5267$
c) $\theta_r = 60$ [°]
d) $\theta_t = 29.83$ [°]
6. a) $\text{sen } \theta_i [1] = 1.1191 [1] \text{sen } \theta_t [1] - 0.0024 [1]$
b) vidrio
c) $\theta_r = 30$ [°]
d) $v = 187.5 \times 10^6$ [m/s]
7. a) $\theta_t = 40.532$ [°]
b) $v = 225.056 \times 10^6$ [m/s]
8. a) $\theta_t = 23.74$ [°]
b) 205.479×10^6 [m/s]
c) 2.8664 [fs]
d) 90 [°]
9. a) $\theta_t = 0.3653$ [rad]
b) $\Delta t = 0.175$ [ns]
10. a) v [m/s] = 5.8753×10^{14} [s⁻¹] λ [m]
b) $m = f$; $f = 5.8753 \times 10^{14}$ [Hz]
c) $\lambda = 212.7551 \times 10^{-9}$ [m]
d) $\theta_r = \pi/5$ [rad] = 0.6283 [rad]

11. a) θ_r [rad] = 1.0143 [1] θ_t [rad]
b) $\theta_t = 0.429$ [rad]
12. $\theta_t = 0.559$ [rad]
13. a) $n_p = 1.6$ [1], $[n_p] = [1]$
b) $\gamma = 0.4134$ [rad]
14. a) $n_{ac} = 1.4394$ [1]
b) $\tau = 2.1$ [fs], $\varphi = 0.5236$ [rad] = α
15. a) $\lambda = 40$ [nm]
b) $\phi = 37.0147$ [°]