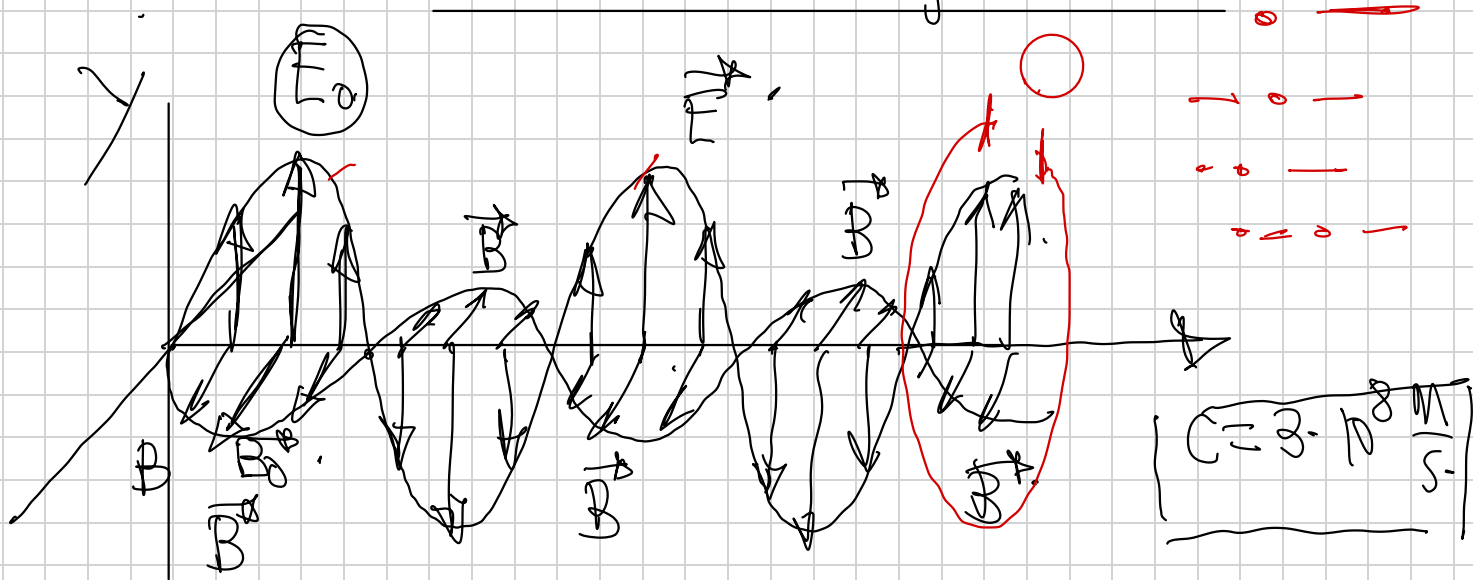


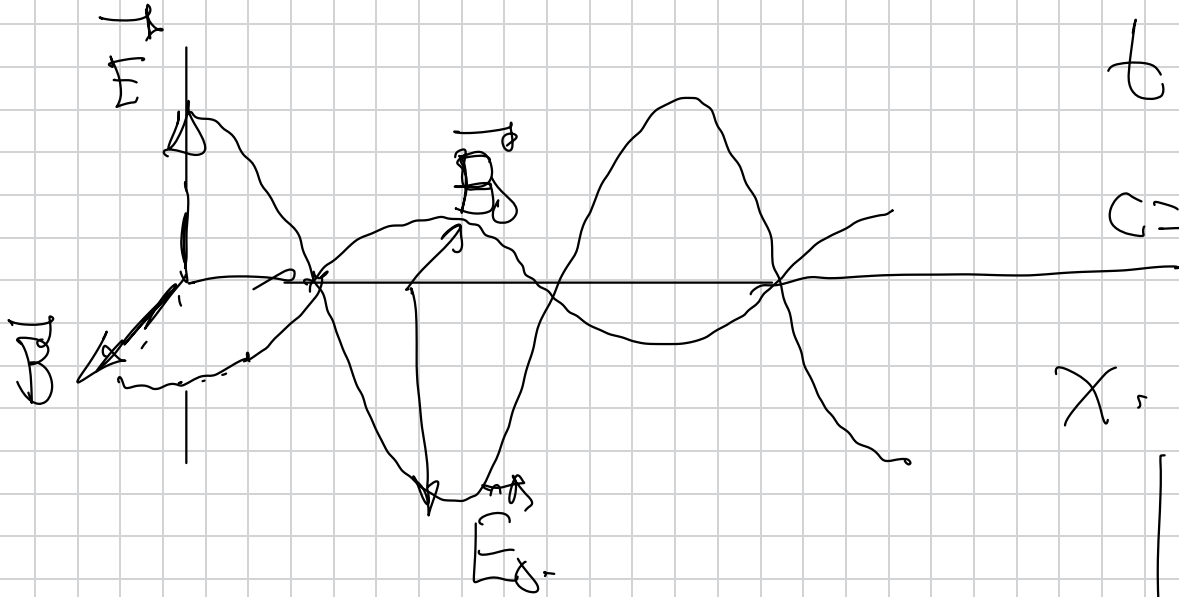
- Ondas electromagnéticas
- Física Cuántica
- Física Nuclear

Ondas electromagnéticas.



$$\vec{E}(x, t) = E_0 \cdot \sin(\omega t - kx + \varphi_0) \hat{y} \quad \left(\frac{E}{c} = \frac{B}{c} \right)$$

$$\vec{B}(x, t) = B_0 \cdot \sin(\omega t - kx + \varphi_0) \vec{e}_x \quad (1)$$



$$t = 0$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

x

$$\left[\begin{array}{c} E \\ c \\ B \end{array} \right]$$

$$\vec{E}(x, t) = E_0 \cdot \cos(\omega t - kx) \vec{e}_y$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

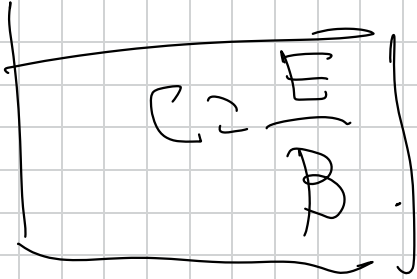
$$B^k(x, r) = B_0 \cap \{ \omega t - kx \} \cap B^k.$$



$$E = G \cdot B,$$

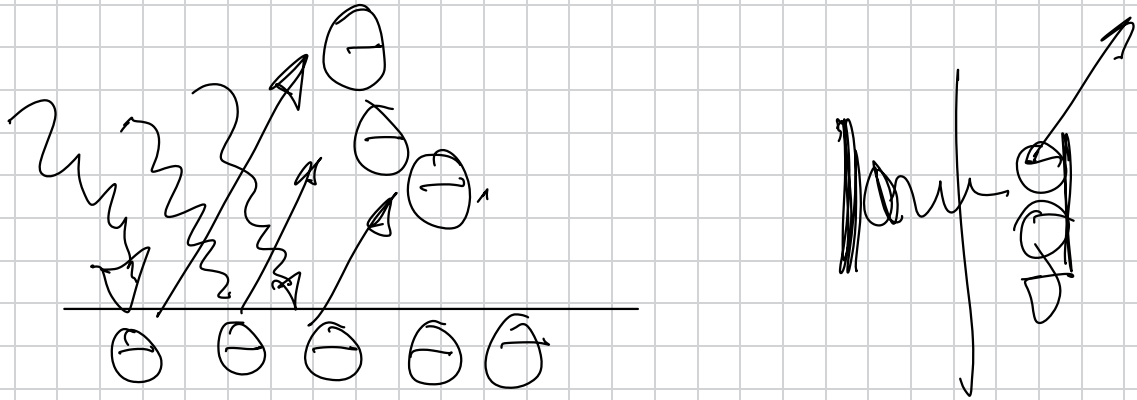
$$C = B \cdot 10^8 \frac{N}{G}$$

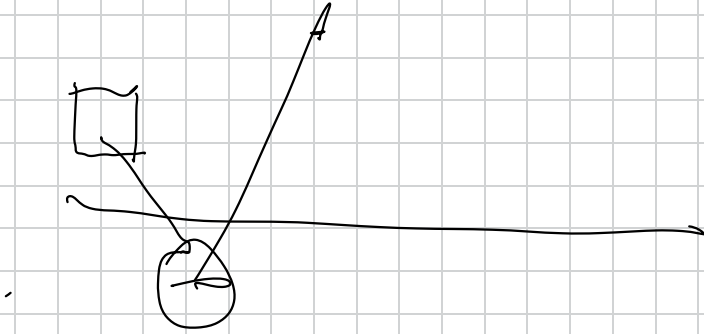
$$E \supset C \supset B$$



Albert Einstein,

Explicación del efecto fotoeléctrico





> 41.- El campo eléctrico de una onda electromagnética en el vacío es:

$$E = 100 \cdot \sin(3 \cdot 10^{15}t - 1 \cdot 10^7x) \text{ (S.I)}$$

a) Calcula la longitud de onda y la frecuencia

b) Calcula la amplitud del campo eléctrico

c) Calcula la amplitud del campo magnético y su ecuación

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ → velocidad de cualquier onda electromagnética en el vacío.

$$E = E_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{1 \cdot 10^7} \text{ m}$$

$$v \Rightarrow c = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow c = \lambda \cdot \frac{1}{T} \Rightarrow c = \lambda \cdot f$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^{-7}} \text{ Hz.}$$

$$a) \quad F_D = 100 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$$

$$C = \frac{145 \text{ pF}}{D} \Rightarrow D$$

$$C = \frac{150 \text{ pF}}{D_0} \Rightarrow D_0$$

$$D_0 = \frac{150 \text{ pF}}{C} = \frac{100}{3 \cdot 10^8} \text{ m}$$

$$E = \underbrace{100}_{E_0} \cdot \text{Sen} \left(\underbrace{3 \cdot 10^{15} t}_{\omega} - \underbrace{1 \cdot 10^7 x}_{k} \right) \text{ (S.I)}$$

$$a) \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{1 \cdot 10^7} = 628 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3 \cdot 10^{15}}{2\pi} = 477 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

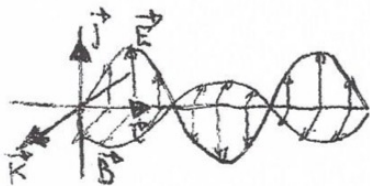
b) $E_0 = 100 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \Rightarrow$ Amplitud del campo eléctrico o valor máximo del campo eléctrico.

c) Ambos campos se relacionan mediante la ecuación $c = \frac{E}{B} \Rightarrow c = \frac{E_0}{B_0}$ ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

$B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{100}{3 \cdot 10^8} = 333 \cdot 10^{-7} \text{ T} \Rightarrow$ Amplitud del campo magnético o valor máximo del campo magnético.

$$B = B_0 \cdot \text{sen}(\omega t - kx)$$

$$B = 333 \cdot 10^{-7} \cdot \text{sen}(3 \cdot 10^{15} t - 1 \cdot 10^7 x) \text{ (S.I)}$$



Ambas ecuaciones de la onda electromagnética podemos expresarlas vectorialmente como:

$$\vec{E} = 100 \cdot \text{sen}(3 \cdot 10^{15} t - 1 \cdot 10^7 x) \vec{j} \text{ (S.I)}$$

$$\vec{B} = 333 \cdot 10^{-7} \text{sen}(3 \cdot 10^{15} t - 1 \cdot 10^7 x) \vec{k} \text{ (S.I)}$$

→ 42.- Una onda electromagnética que se propaga por el vacío posee una frecuencia de $2 \cdot 10^8$ Hz y un valor máximo del campo magnético de $1,7 \cdot 10^{-6}$ T

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

a) Calcula la longitud de onda y el período

b) Calcula las ecuaciones de los campos eléctrico y magnético correspondientes

$$a) \quad c = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1,5 \text{ m}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2 \cdot 10^8} \text{ s.}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^8 = 4\pi \cdot 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s.}}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{1,5} = \frac{4}{3}\pi \frac{\text{rad}}{\text{m.}}$$

$$B = B_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$B = 17 \cdot 10^{-6} \cdot \sin\left(4\pi \cdot 10^8 t - \frac{4}{3}\pi x\right) \quad (\text{SI}) \quad (\text{T})$$

$$E = 510 \cdot \sin\left(4\pi \cdot 10^8 t - \frac{4}{3}\pi x\right) \quad (\text{SI}) \quad \left(\frac{\text{V}}{\text{m}}\right)$$

$$c = \frac{E}{B} \Rightarrow E = c \cdot B \Rightarrow E_0 = c \cdot B_0 = 3 \cdot 10^8 \cdot 17 \cdot 10^{-6}$$

$$E_0 = 510 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

43.- Una onda electromagnética cuya longitud de onda es de 5,98 m se propaga en el vacío. Si la amplitud del campo eléctrico es de $800 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$, determina las ecuaciones de los campos eléctrico y magnético

43)

$$c = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{c} = \frac{5,98}{3 \cdot 10^8} = 1,99 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1,99 \cdot 10^{-8}} = 3,15 \cdot 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{5,98} = 1,05 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$c = \frac{E}{B} \Rightarrow c = \frac{E_0}{B_0} \Rightarrow B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{800}{3 \cdot 10^8} = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

$$E = E_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$E = 800 \cdot \sin(3,15 \cdot 10^8 t - 1,05x) \text{ (S.I.)}$$

$$B = B_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$B = 2,66 \cdot 10^{-6} \sin(3,15 \cdot 10^8 t - 1,05x) \text{ (S.I.)}$$

44.- Una onda electromagnética armónica de 20 MHz se propaga en el vacío, en el sentido positivo del eje OX. El campo eléctrico de dicha onda tiene la dirección del eje OZ y su amplitud es de $3 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$

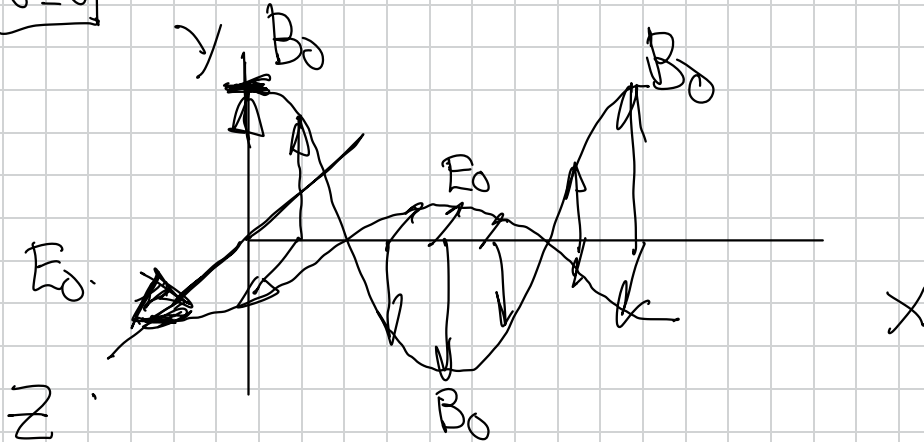
a) Escriba la expresión del campo eléctrico $E(x,t)$ sabiendo que en $x=0$ su módulo es máximo cuando $t=0$. $\rightarrow \varphi_0 = \pi/2 \text{ rad}$.

b) Represente en una gráfica los campos $E(t)$ y $B(t)$ y la dirección de propagación de la onda

$$E = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M} \\ \text{V}$$

$$20 \text{ MHz} = 20 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$E = 0$$



$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 20 \cdot 10^6 \\ \omega = 4 \cdot 10^7 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$E = E_0 \cdot \cos(\omega t - kx + \frac{\pi}{2})$$

$$c = \lambda \cdot f$$

$$E = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(4 \cdot 10^7 \pi t - \frac{2\pi}{15} x + \frac{\pi}{2}) \text{ (S.I.)}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^6} = 15 \text{ m.}$$

$$E = 3 \cdot 10^{-3} \cos(4 \cdot 10^7 \pi t - \frac{2\pi}{15} x) \text{ (S.I.)}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$B = 10^{-11} \cos(4 \cdot 10^7 \pi t - \frac{2\pi}{15} x) \text{ (S.I.)}$$

$$k = \frac{2\pi}{15} \frac{\text{rad}}{\text{m.}}$$

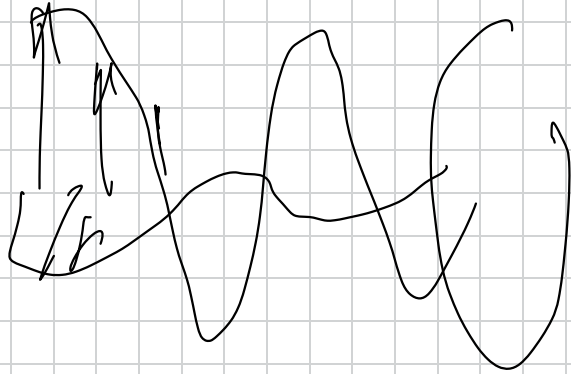
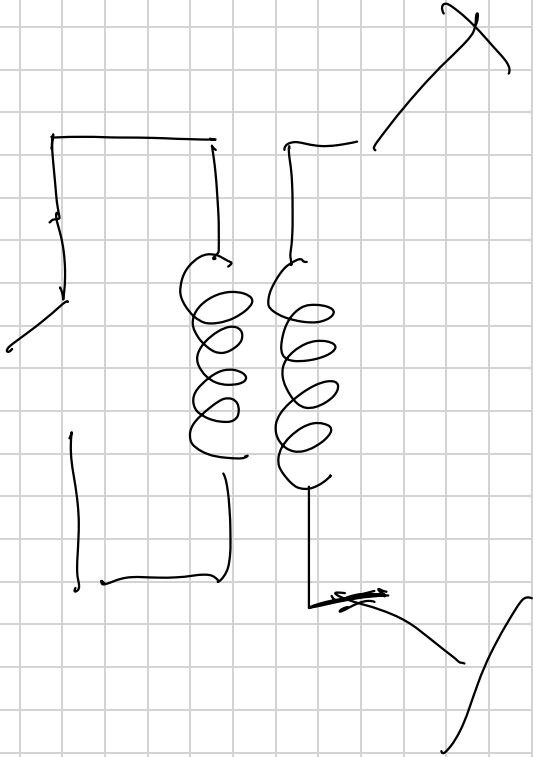
$$\vec{E} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(4 \cdot 10^7 \pi t - \frac{2\pi}{15} x) \vec{e}_y \text{ (S.I.)}$$

$$c = \frac{E}{B}$$

$$\vec{B} = 10^{-11} \cdot \cos(4 \cdot 10^7 \pi t - \frac{2\pi}{15} x) \vec{e}_z \text{ (S.I.)}$$

$$c = \frac{E_0}{B_0}$$

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{c} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^8} = 10^{-11} \text{ T}$$



8.- EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

pag 158

Pregunta muy importante.

$$c = \frac{\lambda}{T}$$

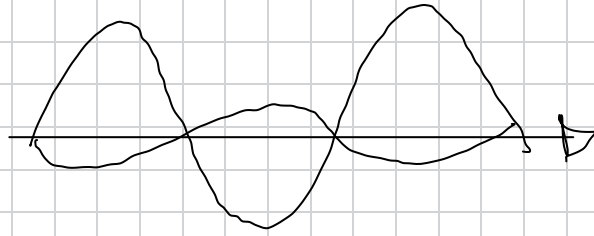
$$c = \lambda \cdot \frac{1}{T} = \lambda \cdot f$$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ en
cualquiera O.E.M
en el vacío

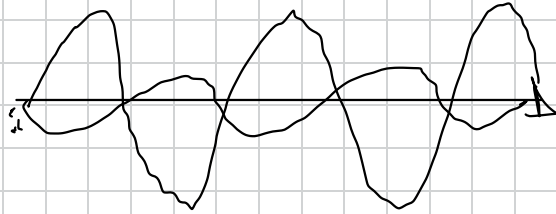
$$c = \lambda \cdot f \downarrow$$

$$\text{cte. } \left(\frac{c}{\lambda} = f \right) \cdot \lambda \downarrow$$

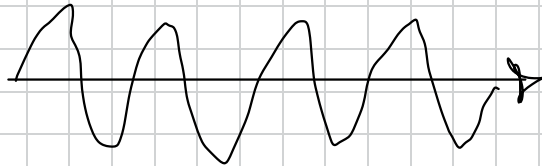
menor f



Ondas de radio, mayor λ



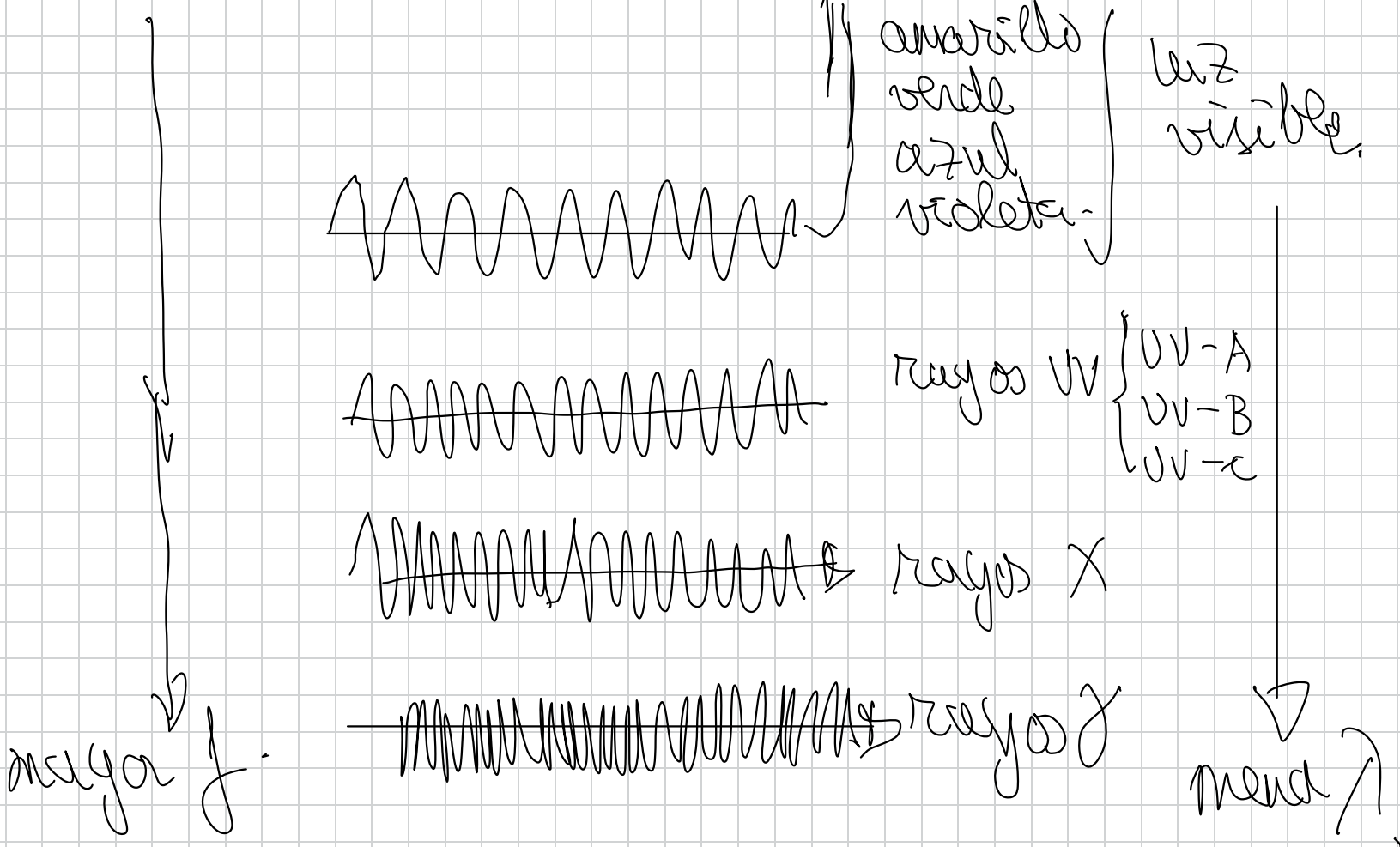
microondas



rayos IR



rojo
naranja



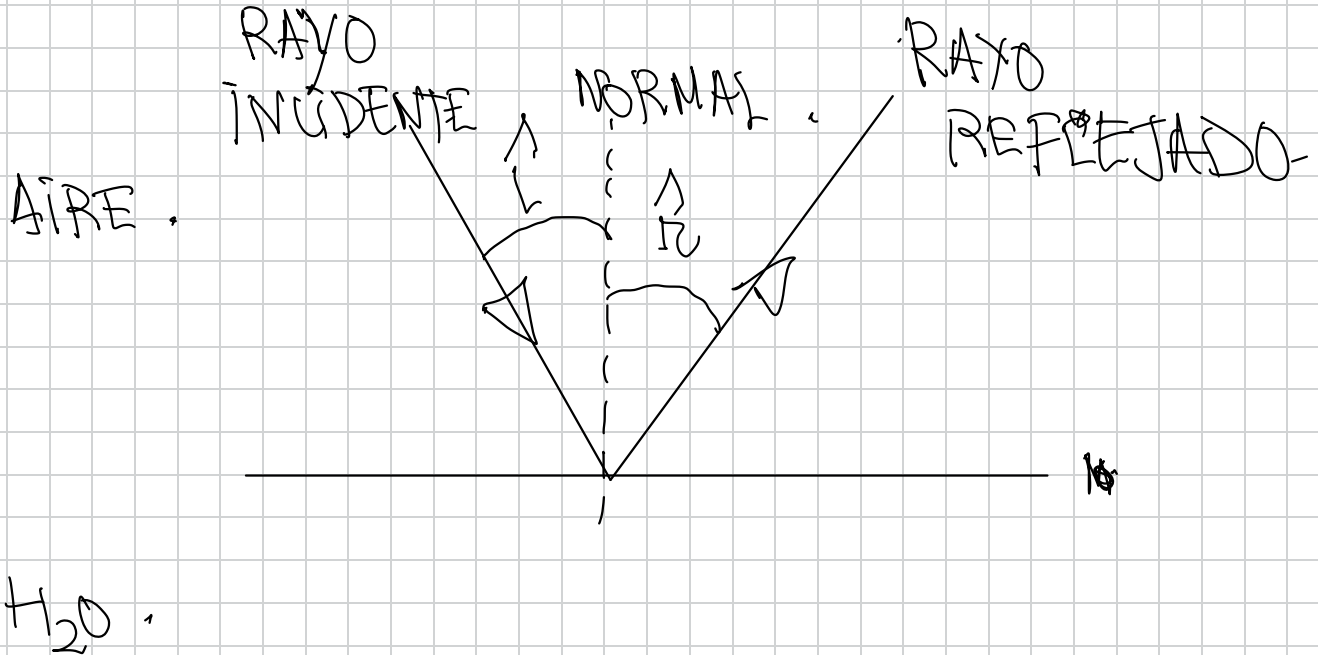
.....
~~~~~

~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~

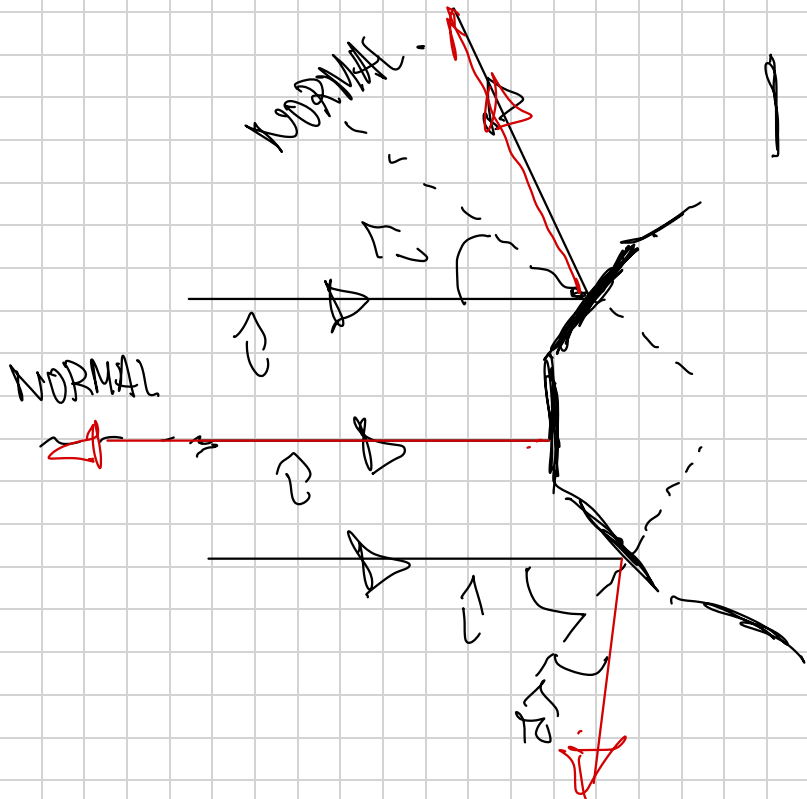
~~~~~

pag 16 d

Q: Reflexión de las ondas

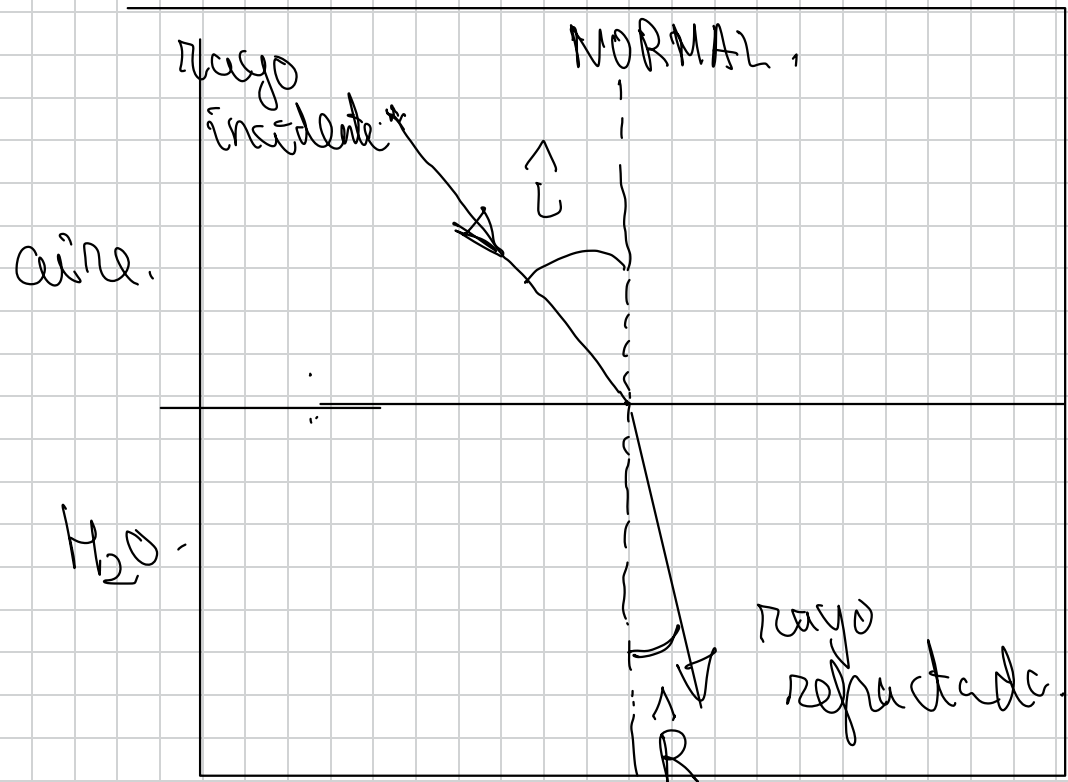


$\vec{v} = \vec{v}$



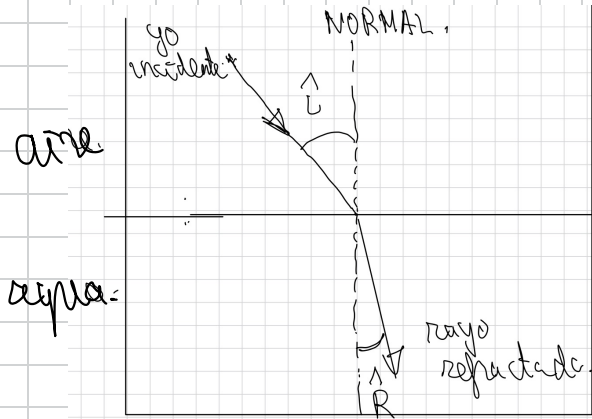
10.- REFRACCIÓN DE LAS ONDAS

pag 162



Ley de Snell

$$C = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$



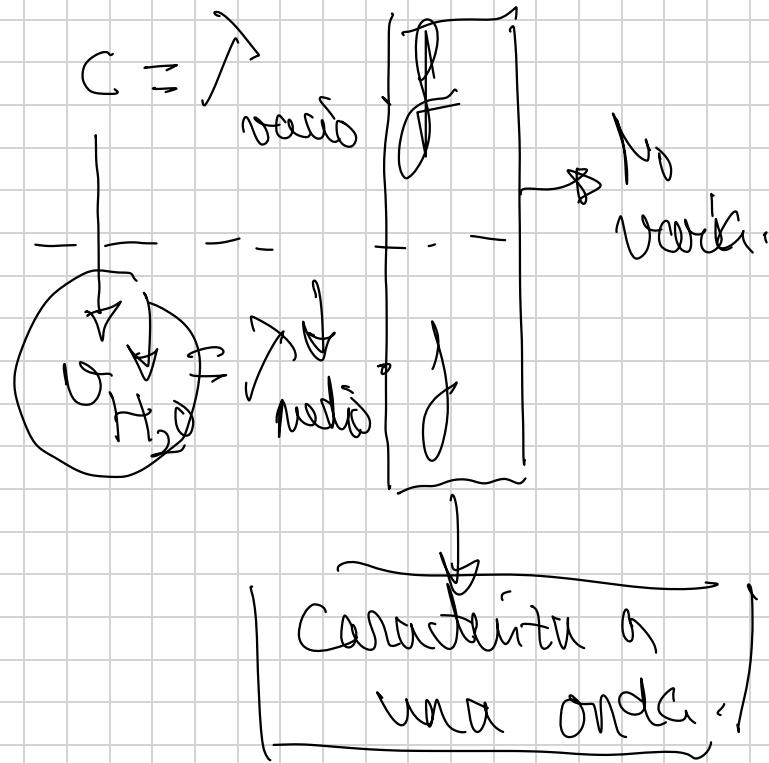
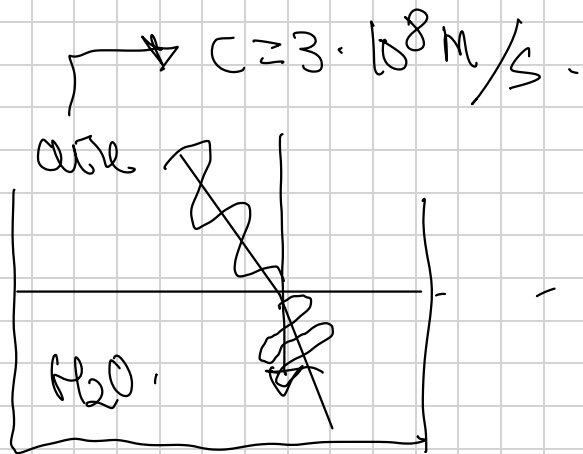
$$n_{\text{aire}} = \frac{C}{C} = 1$$

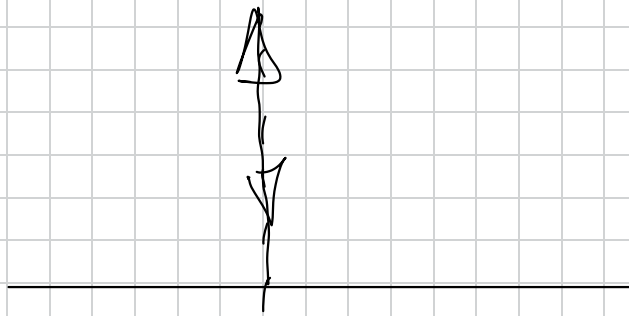
$$C > v_{H_2O}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{C}{v_{H_2O}} > 1$$

$$C > v_{H_2O}$$

$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } i = n_{H_2O} \cdot \text{sen } R$$

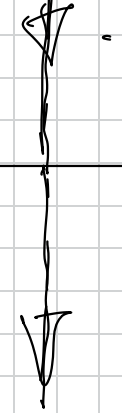




Luft

Wasser

NORMAL



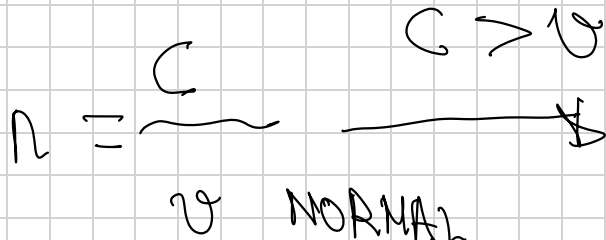
$$N_{\text{Luft}} \cdot \sin \uparrow = N_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin \uparrow$$

$$N_{\text{Luft}} \cdot \sin 0^\circ = N_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \boxed{\sin \uparrow}$$

\downarrow \downarrow
 0 0

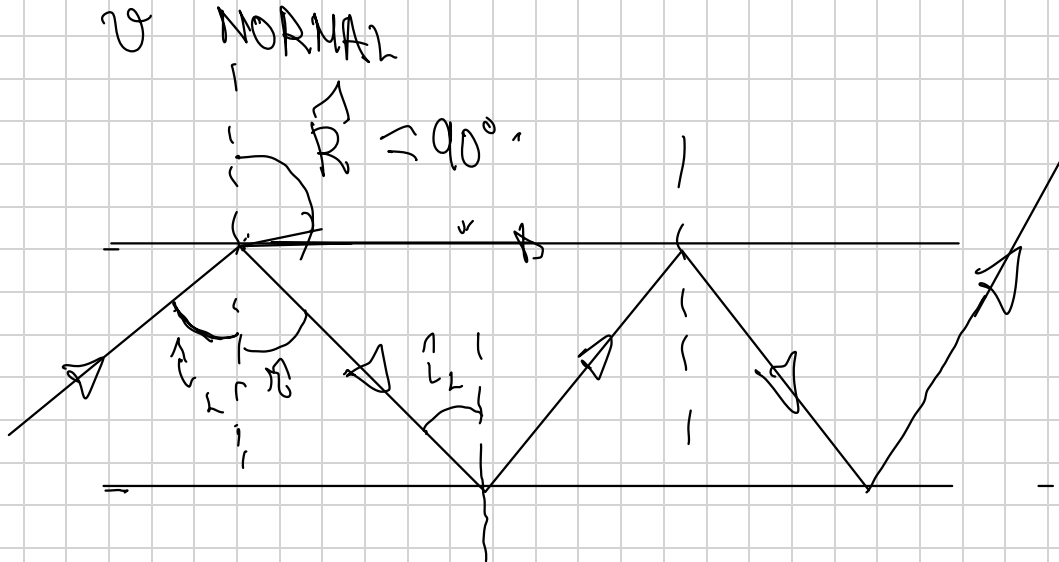
$$\sin \uparrow = 0$$

$$\uparrow = 0$$



Naire.

n_{fibra}



$n_{\text{fibra}} \cdot \sin i = n_{\text{aire}} \cdot \sin R$

ângulo limite

$n_{\text{fibra}} \cdot \sin i = n_{\text{aire}} \cdot \sin 90^\circ$

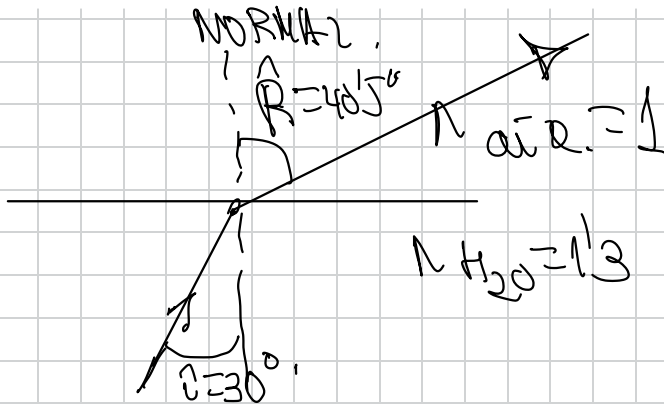
Ángulo límite de refracción
o ángulo de reflexión total -

48.- Un rayo de luz pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de 30°

a) Dibuje un esquema de los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de refracción

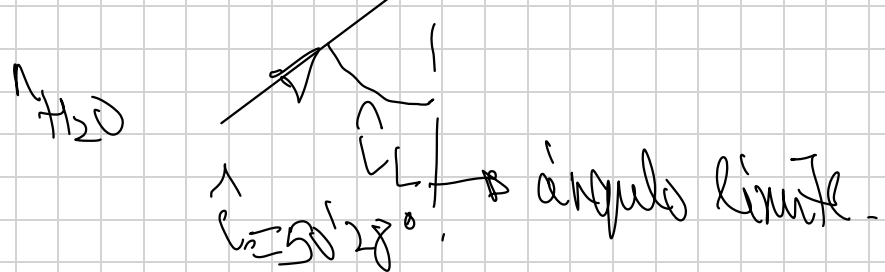
b) ¿cuál debería ser el ángulo de incidencia para que el rayo refractado fuera paralelo a la superficie de separación agua-aire?

Dato: índice de refracción del agua respecto al aire $n=1,3$



Ley de Snell

$$n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{sen } i = n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } R$$
$$1,3 \cdot \text{sen } 30^\circ = 1 \cdot \text{sen } R$$



$$1/3 \cdot 0.5 = 1 \cdot \text{sen } \hat{R}$$

$$\text{sen } \hat{R} = 0.165$$

$$\hat{R} = \arcsen 0.165 = \boxed{40.5^\circ}$$

$$n_{H_2O} \cdot \text{sen } \hat{L} = n_{\text{naive}} \cdot \text{sen } \hat{R}$$

$$1/3 \cdot \text{sen } \hat{L} = 1 \cdot \text{sen } 90^\circ$$

$$\text{sen } \hat{L} = \frac{1}{1/3}$$

$$\hat{L} = \arcsen 1.77$$

$$\hat{L} = 50^\circ 30'$$

49.- ¿Porqué al pasar la luz del aire al agua el rayo se acerca a la normal y en caso contrario se aleja?

Diagrama de refracción de la luz al pasar del aire al agua:

ley de Snell

$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } i = n_{H_2O} \cdot \text{sen } R$$

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } R} = \frac{n_{H_2O}}{n_{\text{aire}}}$$

$n_{H_2O} = \frac{c}{v_{H_2O}}$
 $n_{\text{aire}} = \frac{c}{v_{\text{aire}}}$

$c > v_{H_2O}$

$\frac{c}{c} > 1$

$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } R} > 1$

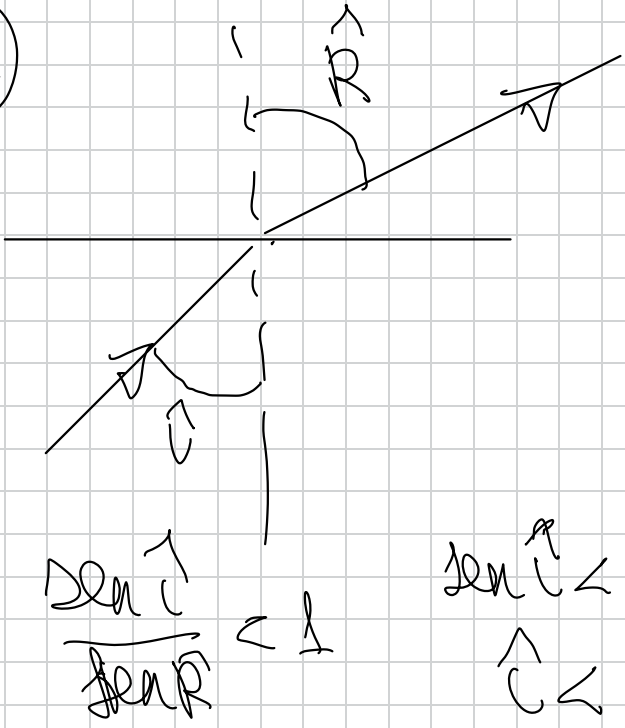
$$\frac{\sin i}{\sin r} > \frac{c}{v}$$

$$\left[\begin{array}{l} i > r \\ c > v \end{array} \right]$$

n_{air}

v

$n_{\text{H}_2\text{O}}$



by de Snell.

$$n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin i = n_{\text{air}} \cdot \sin r$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{air}} = \frac{c}{v}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{c}{v'} > 1$$

$$c > v$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} < 1$$

$$\sin i < \sin r$$

$$i < r$$

50.- Un rayo de luz amarilla, emitida por una lámpara de sodio, tiene una longitud de onda en el vacío de $580 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

a) Determine 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 $n=1,5$

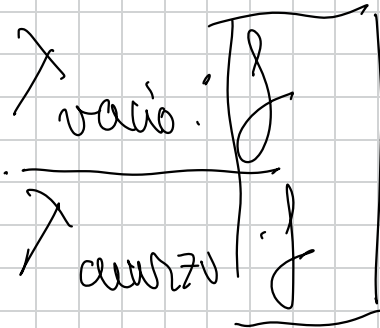
b) ¿Pueden existir valores del ángulo de incidencia para los que un haz de luz, que se propaga por el interior de una fibra de cuarzo, no salga al exterior?. Explique el fenómeno y, en su caso, calcule los valores del ángulo de incidencia para los cuales tiene lugar.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

a)

$$n_{\text{cuarzo}} = 1,5$$

$$n_{\text{cuarzo}} = \frac{c}{v_{\text{cuarzo}}}$$

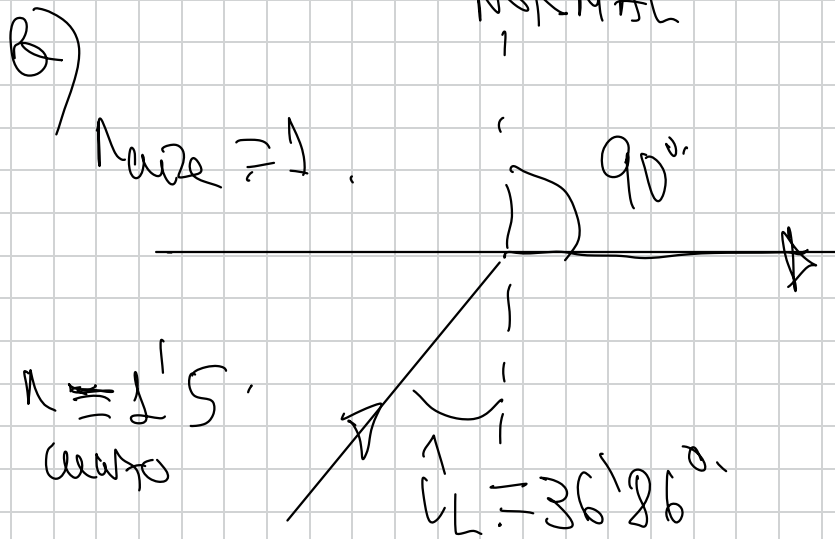


$$n_{\text{cuanto}} = \frac{\lambda_{\text{radio}}}{\lambda_{\text{cuanto}}} \approx 580 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{cuanto}} = \frac{\lambda_{\text{radio}}}{n_{\text{cuanto}}} = \frac{580 \cdot 10^9 \text{ m}}{1.5} = 386 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$v_{\text{cuanto}} = \frac{c}{n_{\text{cuanto}}} \quad v_{\text{cuanto}} = \frac{c}{n_{\text{cuanto}}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1.5}$$

$$\boxed{v_{\text{cuanto}} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$



$i \geq 36.86^\circ$ no e da
la superficie

legge di Snell

$$n_{\text{cristallo}} \cdot \sin i_L = n_{\text{aria}} \cdot \sin 90^\circ$$

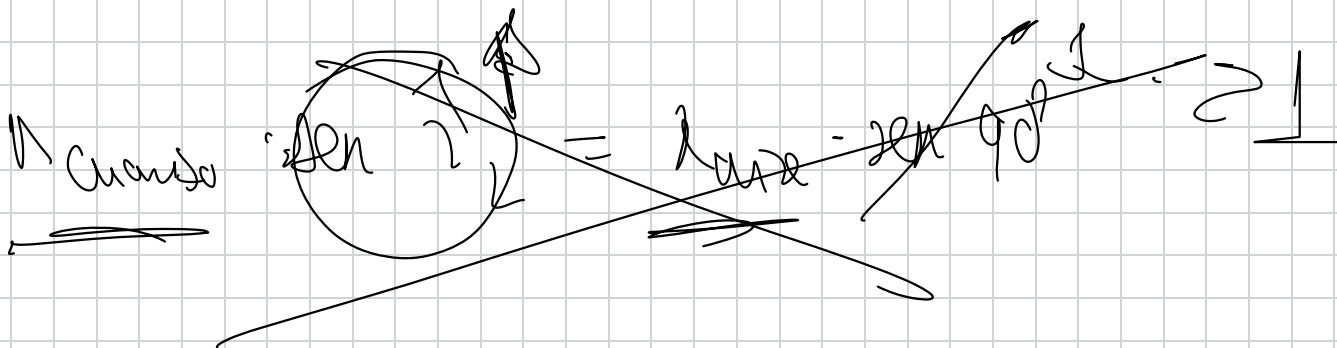
$$1.5 \cdot \sin i_L = 1 \cdot 1$$

$$\sin i_L = \frac{1}{1.5}$$

$$\sin i_L = 0.6$$

$$i_L = \arcsin 0.6$$

$$i_L = 36.86^\circ$$



51.- El espectro visible en el aire está comprendido entre las longitudes de onda 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo).

a) Calcule las frecuencias de estas radiaciones extremas. ¿Cuál de ellas se propaga a mayor velocidad?

b) Determine entre qué longitudes de onda está comprendido el espectro visible en el agua, cuyo índice de refracción supondremos que es el mismo para ambas radiaciones (4/3)

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s. (vacío)}$$

a)

$$c = \lambda \cdot f$$

$3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

mismas \leftarrow en el
velocidad. vacío

$$c = \lambda_{\text{rojo}} \cdot f_{\text{rojo}}$$

$$f_{\text{rojo}} = \frac{c}{\lambda_{\text{rojo}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{780 \cdot 10^{-9}} = 387 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

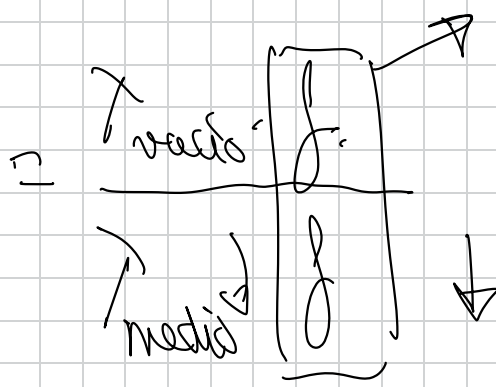
$$c = \lambda_{\text{violeta}} \cdot f_{\text{violeta}}$$

$$f_{\text{violeta}} = \frac{c}{\lambda_{\text{violeta}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{380 \cdot 10^{-9}}$$

$$f_{\text{violeta}} = 789 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

b)

$$n \approx \frac{C}{H_2O} \downarrow \downarrow U_{H_2O}$$



¡ OJO! f no varía al pasar de un medio a otro es lo que caracteriza a la radiación.

$$n_{H_2O} = \frac{\lambda_{\text{vacio}}}{\lambda_{\text{agua}}}$$

$$n_{H_2O} = \frac{\lambda_{\text{vacio}}}{\lambda_{\text{violeta}}}$$

$\lambda_{\text{violeta } H_2O}$

$$\lambda_{\text{agua}} = \frac{\lambda_{\text{vacio}}}{n_{H_2O}}$$

$$\lambda_{\text{agua}} = \frac{780 \cdot 10^{-9}}{4/3} = 585 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

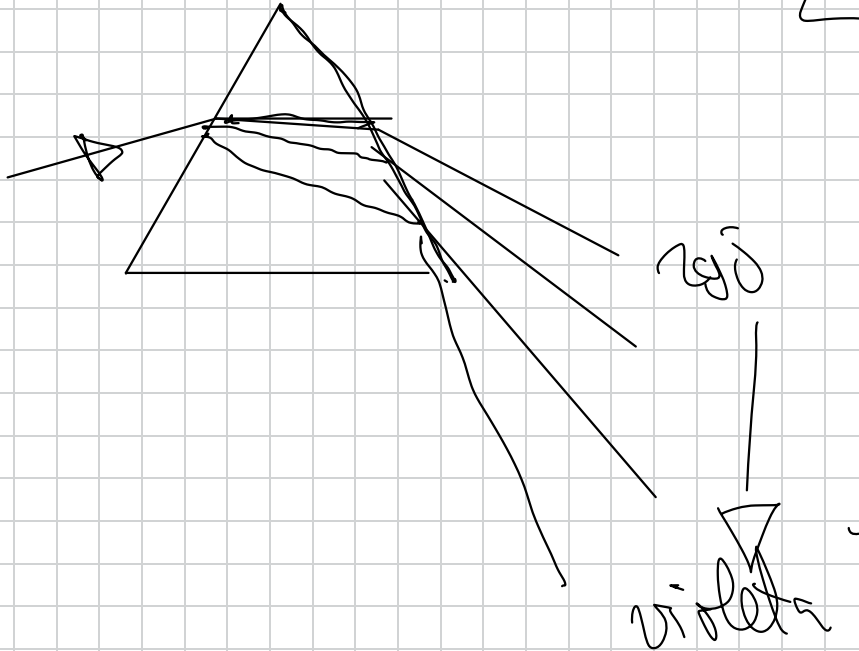


$$\lambda_{\text{violeta H}_2\text{O}} = \frac{\lambda_{\text{violeta ~~violeta~~ ^{violeta} \text{vib.}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{380 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{4/3} \Rightarrow \lambda_{\text{violeta H}_2\text{O}} = 285 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

11.- DISPERSIÓN DE LA LUZ

pag 163.

$$n \cdot \sin \hat{a} = n \cdot \sin \hat{R}$$



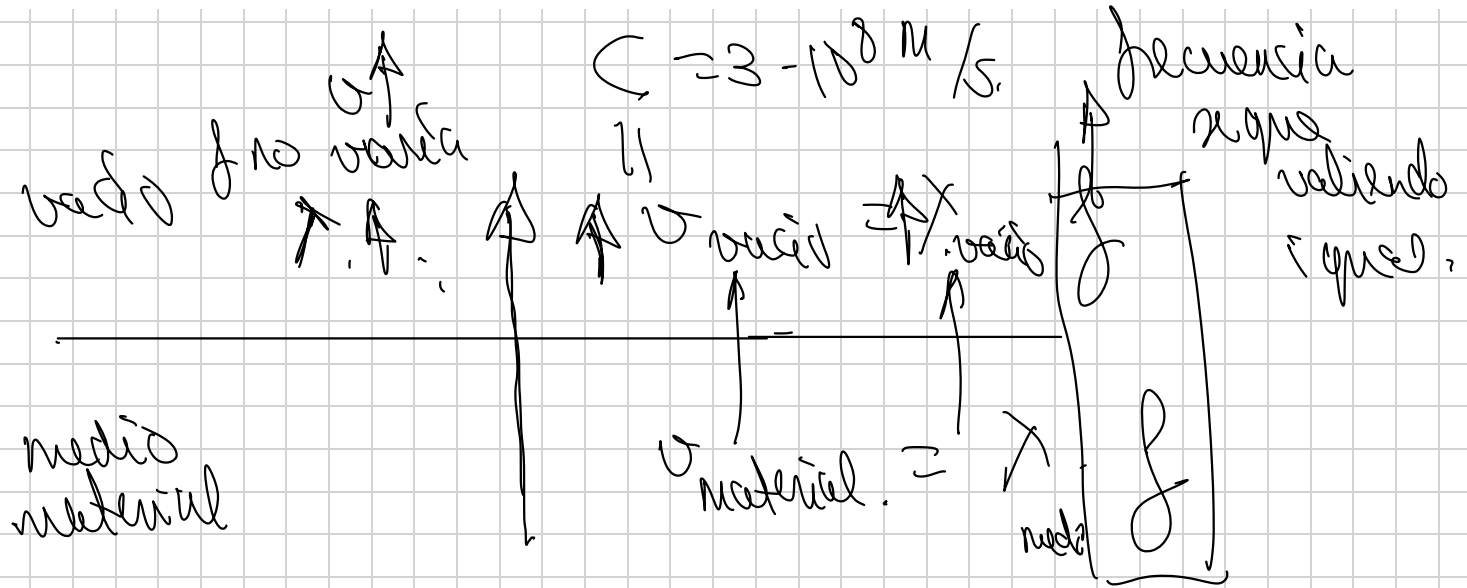
$$n_{\text{rot}} = 1,33$$

$$n_{\text{orange}} = 1,34$$

$$n_{\text{gelb}} = 1,37$$

$$n_{\text{violett}} = 1,39$$

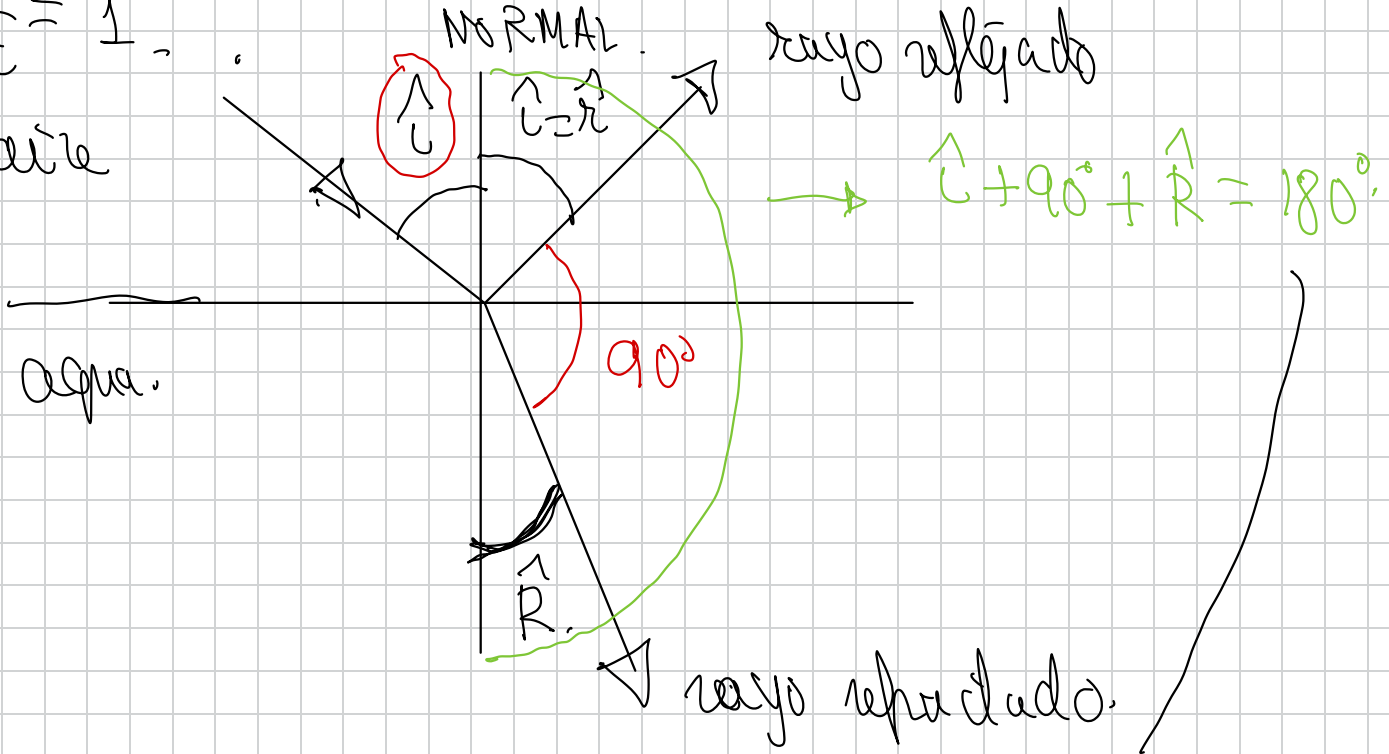
52.- Cuando la luz pasa de un medio material al vacío, indique cuáles de las siguientes magnitudes: frecuencia, longitud de onda, y velocidad se modifican y en qué sentido.



55.- Un rayo de luz monocromática que se propaga por el aire incide sobre una superficie de agua. Determina el ángulo de incidencia para el cual el rayo reflejado es perpendicular al rayo refractado. Dato: $n_{\text{agua}}=1,33$

$$n_{\text{aire}} = \frac{c}{c} = 1$$

vacío. aire



ley de Snell.

$$n_{\text{aire}} \cdot \sin \hat{1} = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin \hat{R}$$

$$\hat{R} = 180^\circ - 90^\circ - \hat{1}$$
$$(\hat{R} = 90^\circ - \hat{1})$$

$$n_{\text{aire}} \cdot \sin \hat{1} = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin(90^\circ - \hat{1})$$

$$1 \cdot \sin \hat{1} = 1.33 \cdot \cos \hat{1} \quad \rightarrow \quad \sin(90^\circ - \hat{1}) = \cos \hat{1}$$

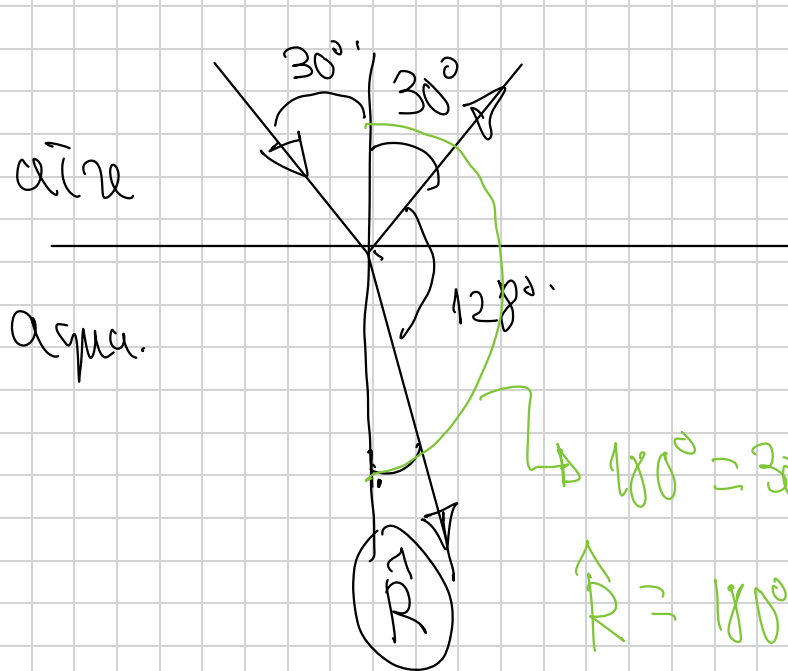
$$\frac{\sin \hat{1}}{\cos \hat{1}} = 1.33$$

$$\text{tg } \hat{1} = 1.33$$

$$\hat{1} = \arctg 1.33$$

$$\hat{1} = 53^\circ 06'$$

58.- Un rayo incide sobre el agua con un ángulo de incidencia de 30° . Sabiendo que el ángulo que forman el rayo reflejado y refractado es de 128° , calcular el índice de refracción del agua.



$$n_{\text{aire}} \cdot \sin i = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin R$$
$$1 \cdot \sin 30^\circ = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin 22^\circ$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{3}$$

$$\Delta 180^\circ = 30^\circ + 128^\circ + R$$

$$R = 180^\circ - 30^\circ - 128^\circ$$

$$R = 22^\circ$$

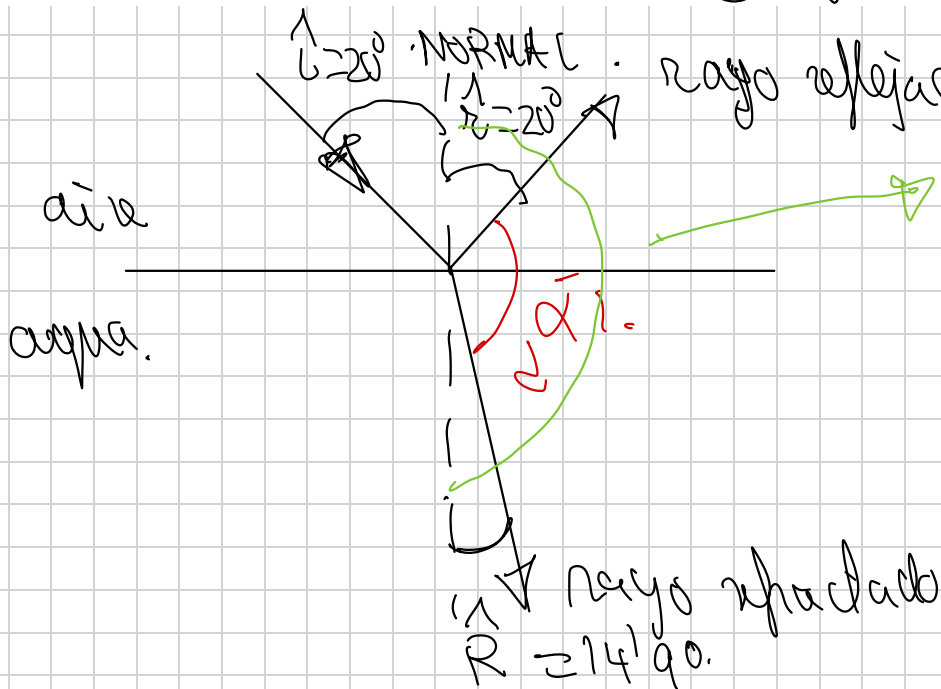
73.- Un rayo luminoso que se propaga en el aire incide sobre el agua de un estanque formando un ángulo de 20° con la normal.

a) ¿Qué ángulo formarán entre si los rayos reflejado y refractado?

b) Variando el ángulo de incidencia, ¿Podría producirse el fenómeno de reflexión total? Razone la respuesta.

$$n_{\text{aire}}=1 ; n_{\text{agua}}=1,33$$

No se da la refracción.
(Como límite de reflexión)



$$20^\circ + \alpha + R = 180^\circ$$

$$20^\circ + \alpha + 14'90'' = 180^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - 20^\circ - 14'90''$$

$$\alpha = 145'10''$$

les Small part
calculated.

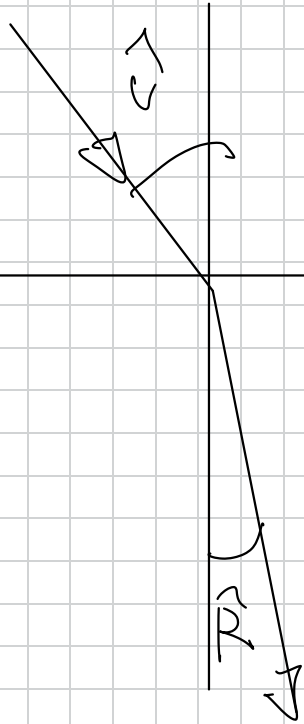
$$n_{air} \cdot \sin \theta = n_{H_2O} \cdot \sin R$$

$$1 \cdot \sin 20^\circ = 1.33 \cdot \sin R$$

$$R = 14.9^\circ$$

aire

H₂O



$\vec{L} > \vec{R}$

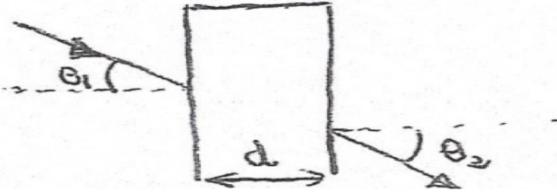
\vec{R}

no puede ser ρ^2

No se da el fundamento.

56.- Un rayo de luz pasa a través de un bloque de vidrio de índice de refracción n y de grosor d , tal y como muestra de forma aproximada la figura

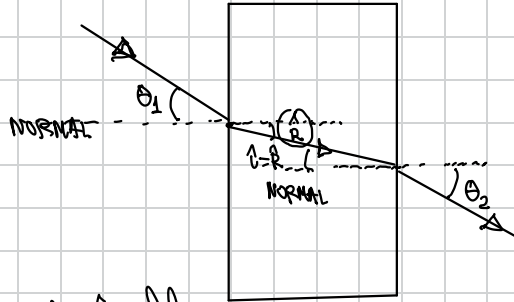
- Dibuja correctamente el camino seguido por el rayo a lo largo de todo el recorrido
- Encuentra la relación existente entre el ángulo de entrada θ_1 y el de salida θ_2



$n_{\text{aire}} = 1$ n_{vidrio} $n_{\text{aire}} = 1$
 aire vidrio aire

$$n_{\text{vidrio}} = \frac{c}{v_{\text{vidrio}}} \quad c > v$$

$$v_{\text{vidrio}} > 1$$



Ley de Snell

$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } \theta_1 = n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } R$$

Ley de Snell

$$n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } R = n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } \theta_2$$

$$n_{\text{aire}} \cdot \sin \theta_1 = \left[n_{\text{vidrio}} \cdot \sin R \quad n_{\text{vidrio}} \cdot \sin R \right] = n_{\text{aire}} \cdot \sin \theta_2$$

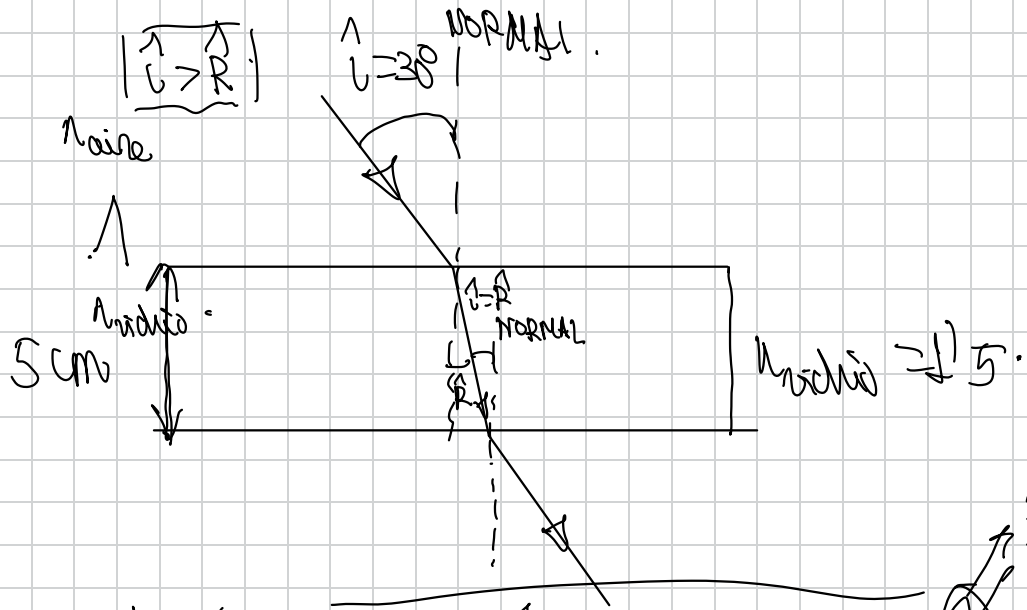
$$\cancel{n_{\text{aire}}} \cdot \sin \theta_1 = \cancel{n_{\text{aire}}} \cdot \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \theta_2$$

72.- 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° . La lámina está situada en el aire, su espesor es de 5 cm y su índice de refracción 1,5

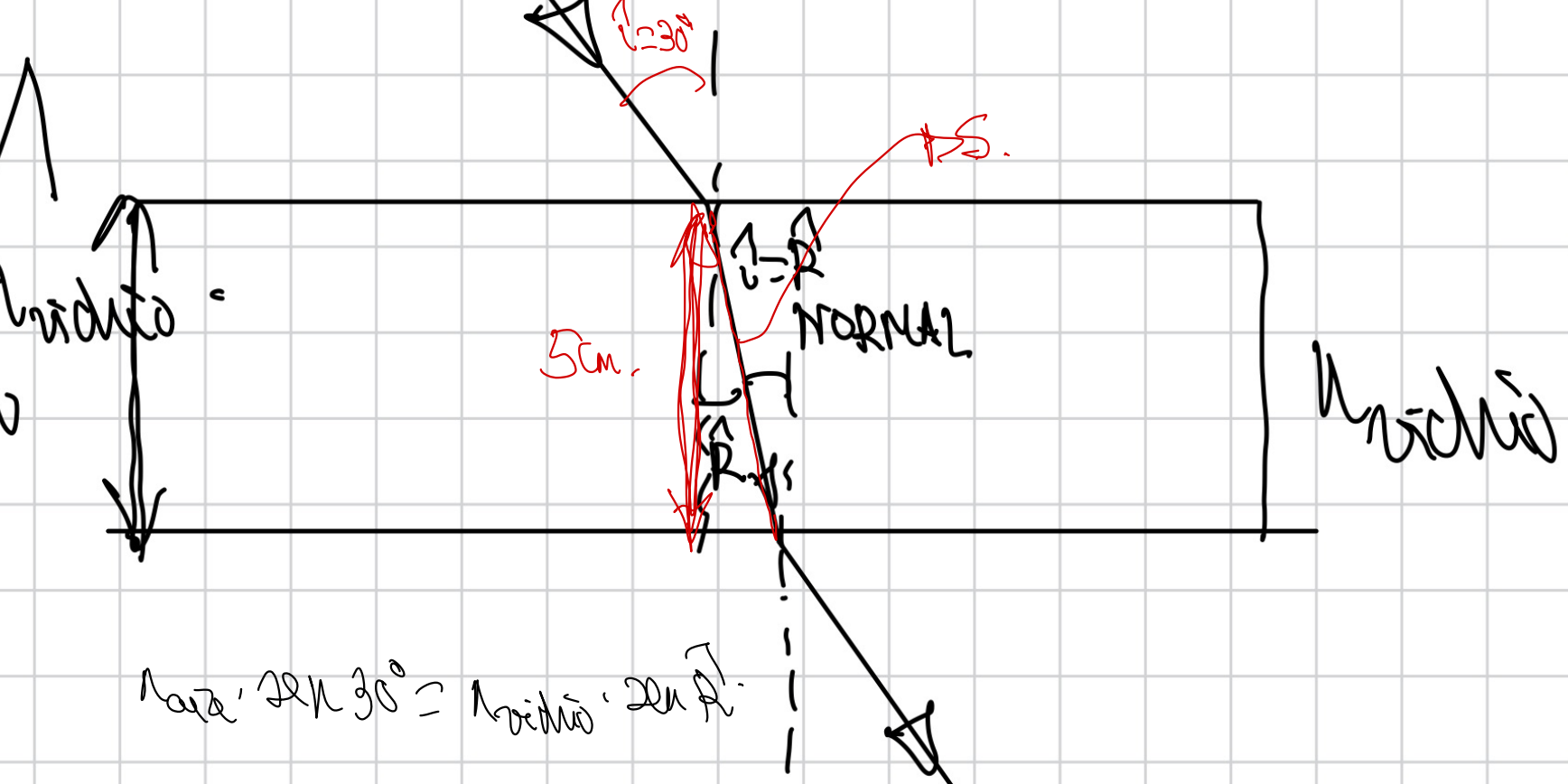
- Dibuje el camino seguido por el rayo y calcule el ángulo que forma el rayo que emerge de la lámina con la normal.
- Calcule la longitud recorrida por el rayo en el interior de la lámina.



$$n_{\text{Luft}} \cdot \sin i = (n_{\text{Wasser}} \cdot \sin r \quad n_{\text{Wasser}} \cdot \sin i) = n_{\text{Luft}} \cdot \sin r$$

$$n_{\text{Luft}} \cdot \sin i = n_{\text{Luft}} \cdot \sin r$$

$$i = r = 30^\circ$$

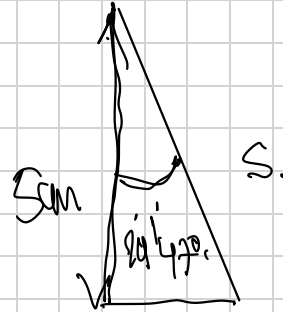


$$\text{Körper} \cdot \sin 30^\circ = \text{Breite} \cdot \sin \alpha$$

$$1 \cdot 0,5 = 1,5 \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \hat{R} = \frac{0.5}{1.5} = \frac{1}{3}$$

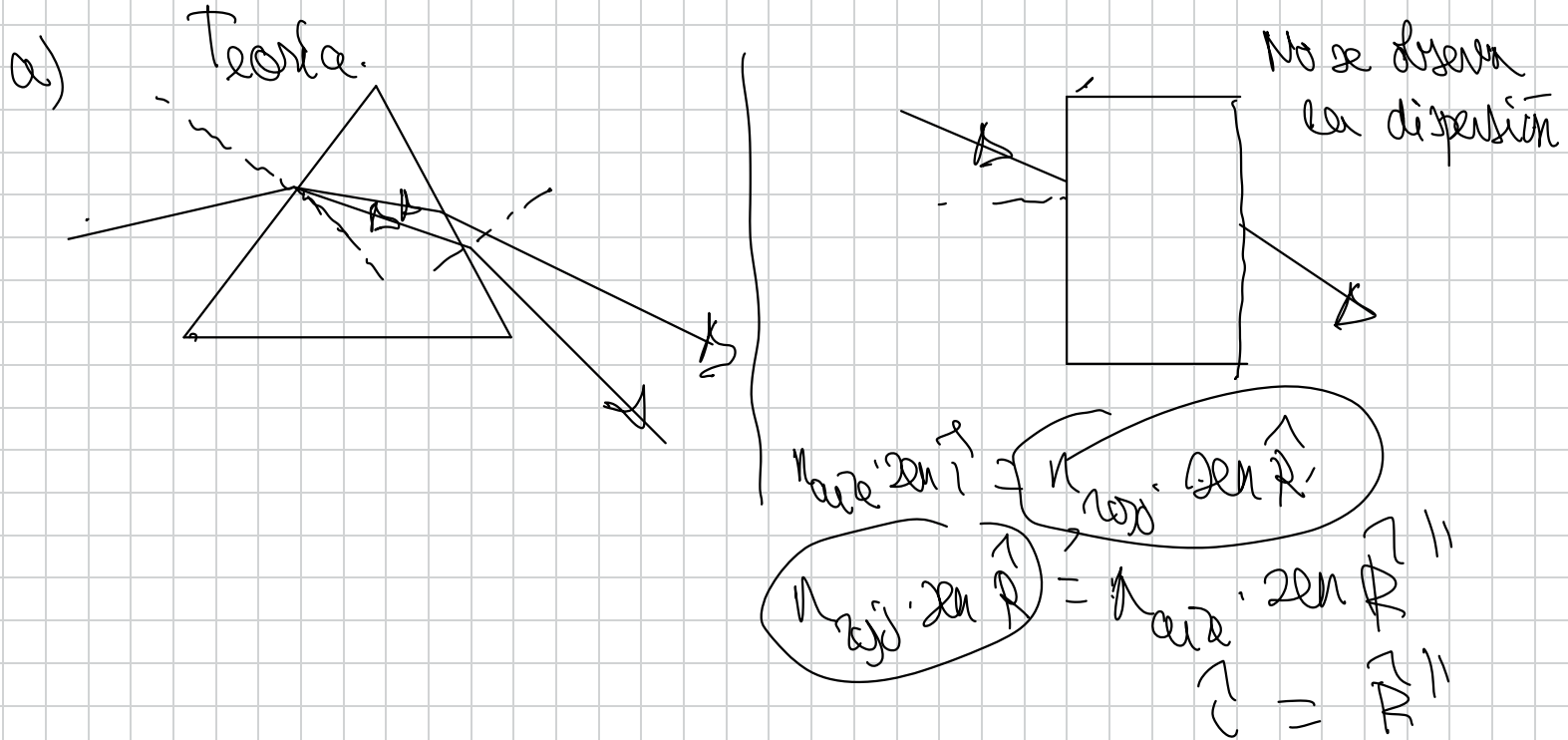
$$\hat{R} = \arcsin \frac{1}{3} = 19.47^\circ$$



$$\cos 19.47^\circ = \frac{0.5 \text{ m}}{S}$$

$$S = \frac{0.5}{\cos 19.47^\circ} = 0.53 \text{ m} = 53 \text{ cm}$$

- > 57.- a) Explique, con ayuda de un esquema, en qué consiste el fenómeno de dispersión de la luz blanca a través de un prisma de vidrio
- b) ¿Ocurre el mismo fenómeno si la luz blanca atraviesa una lámina de vidrio de caras paralelas?

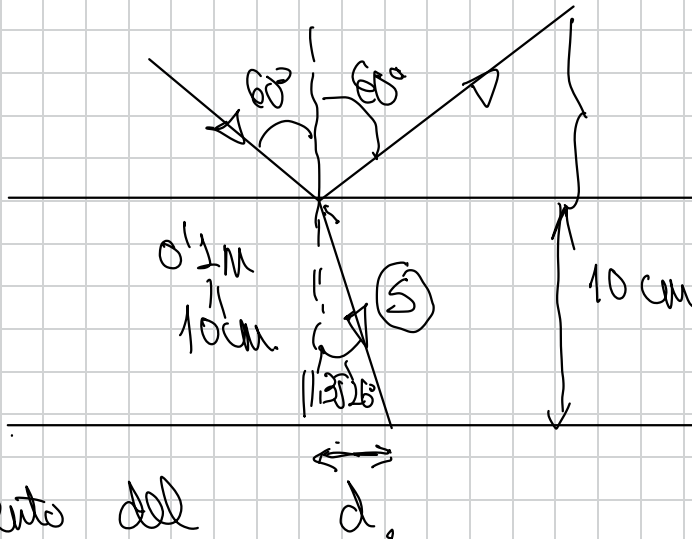
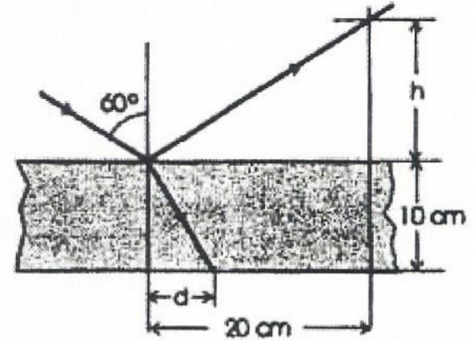


$$\begin{array}{c}
 \downarrow \\
 n \text{ ord} \cdot \text{Zer} \uparrow = n \text{ ord} \cdot \text{Zer} \uparrow \\
 \text{ord} \cdot \text{Zer} \uparrow = n \text{ ord} \cdot \text{Zer} \uparrow \\
 \uparrow \\
 \mathbb{C} = \mathbb{R} \text{ II } i
 \end{array}$$

81

(04-E) Una lámina de vidrio, de índice de refracción 1,5, de caras paralelas y espesor 10 cm, está colocada en el aire. Sobre una de sus caras incide un rayo de luz, como se muestra en la figura. Calcule:

- a) La altura h y la distancia d marcadas en la figura.
 b) El tiempo que tarda la luz en atravesar la lámina.
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$



desplazamiento del rayo.

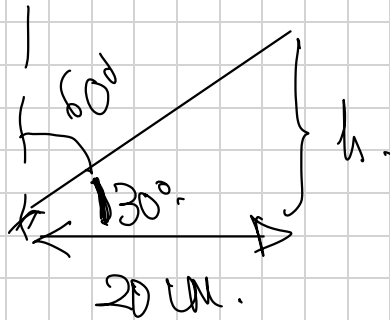
$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } i = n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } R_1$$

$$1 \cdot \text{sen } 60^\circ = 1,5 \cdot \text{sen } R_1$$

$$R_1 = 35,26^\circ$$

$$\text{tg } 35^{\circ} 26' = \frac{\text{cat op}}{\text{cat cat.}} \quad \text{tg } 35^{\circ} 26' = \frac{d}{0,1}$$

$$d = 0,1 \cdot \text{tg } 35^{\circ} 26' = 0,07 \text{ m } (7 \text{ cm})$$



$$\text{tg } 30^{\circ} = \frac{h}{0,2}$$

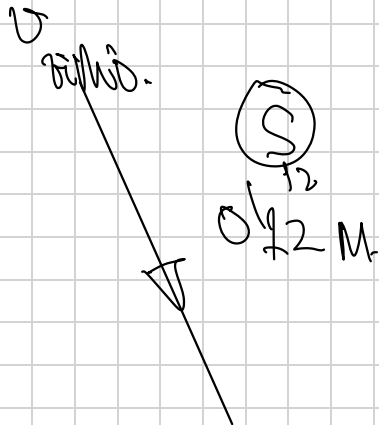
$$h = 0,2 \text{ tg } 30^{\circ}$$

$$h = 0,115 \text{ cm}$$

b)

$$\cos 35'26'' = \frac{0,1}{s}$$

$$s = \frac{0,1}{\cos 35'26''} = 0,12 \text{ m}$$



$$n_{vidno} = \frac{c}{v_{vidno}}$$

$$v_{vidno} = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad \left| \underline{\underline{t = 6 \cdot 10^{-10} \text{ s}}} \right|$$

$$v_{vidno} = \frac{s}{t}$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{0,12 \text{ m}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

$$\underline{\underline{t = 6 \cdot 10^{-10} \text{ s}}}$$

45.- Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío con velocidad c . ¿Cambia su velocidad de propagación en un medio material? . Defina el índice de refracción de un medio razonando si éste será mayor o menor que la unidad.

④ La velocidad de propagación de la onda electromagnética cambia al pasar a un medio material, siendo la velocidad de propagación en el vacío (c) mayor que la del medio material (v)

$n = \frac{c}{v}$ → El índice de refracción de un medio es el cociente entre la velocidad de la onda electromagnética en el vacío (c) y en el medio (v), también se le llama índice de refracción relativo de ese medio con respecto al vacío y es un número sin unidades

290

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

→ Al ser $c > v$, $n > 1$ en un medio material.

(En el vacío, por definición $n = 1$, ya que $n = \frac{c}{c} = 1$)

46.- Una onda electromagnética tiene, en el vacío, una longitud de onda de $5 \cdot 10^{-7}$ m

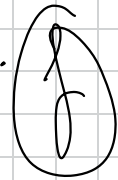
a) Determinar la frecuencia y el número de onda

b) Si dicha onda entra en un determinado medio, su velocidad se reduce a $3c/4$.

Determinar el índice de refracción del medio, así como la frecuencia y la longitud de onda en el medio. $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

a)

$$c = \lambda \cdot f$$



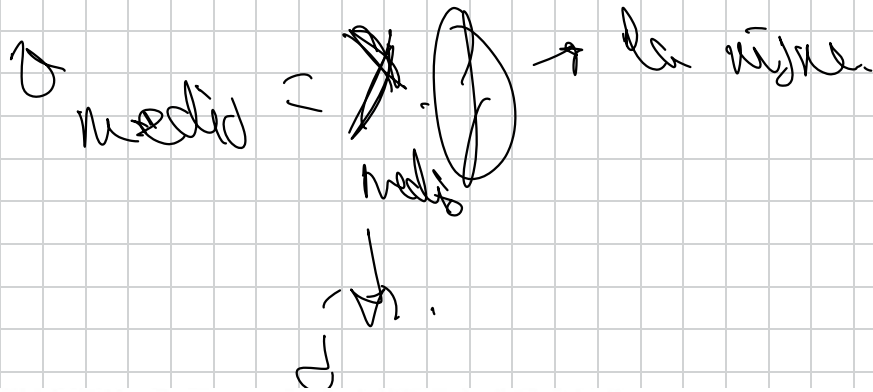
$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

b)

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\frac{3c}{4}} = \frac{4}{3}$$

→ f la misma que la calculada.



46) a) $c = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow c = \lambda \cdot \frac{1}{T} \Rightarrow c = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-7}} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$

número de onda $\Rightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{5 \cdot 10^{-7}} = 4 \cdot 10^6 \pi \text{ rad} \cdot \text{m}^{-1}$

b) $n = \frac{c}{v} = \frac{c}{3c/4} = \frac{4}{3} \Rightarrow$ Índice de refracción, que al ser un cociente entre dos velocidades, nos dará un número sin unidades.

IMPORTANTE: La frecuencia NO VARÍA al pasar la onda de un medio a otro, luego $f = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ sigue siendo la misma.

$\odot = \otimes \otimes$
 varía varía no varía

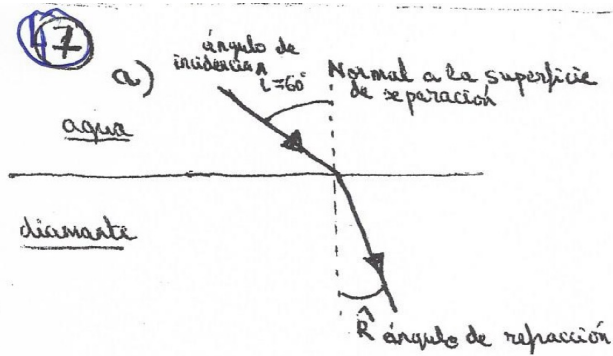
al pasar la onda de un medio a otro

$v = \lambda' \cdot f$

$\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{3c/4}{6 \cdot 10^{14}} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^8 / 4}{6 \cdot 10^{14}} = 3.75 \cdot 10^{-7} \text{ m} //$

47.- Un rayo de luz pasa de agua ($n=1,333$) a un diamante ($n=2,417$) con un ángulo de incidencia de 60°

- Calcula el ángulo de refracción
- Calcula la velocidad de dicho rayo en el agua y en el diamante
- Calcula el índice de refracción relativo del agua con respecto al diamante
- Calcula el índice de refracción relativo del diamante con respecto al agua
- ¿Cuál de los dos medios es más refringente?



Ley de Snell para el cálculo del ángulo de refracción:

$$n_{\text{medio incidencia}} \cdot \text{sen } \hat{i} = n_{\text{medio refracción}} \cdot \text{sen } \hat{R}$$
$$n_{\text{agua}} \cdot \text{sen } \hat{i} = n_{\text{diamante}} \cdot \text{sen } \hat{R}$$
$$1'333 \cdot \text{sen } 60 = 2'417 \cdot \text{sen } \hat{R}$$
$$\text{sen } \hat{R} = 0'477$$
$$\hat{R} = \text{arcsen } 0'477$$
$$\hat{R} = 28'53^\circ$$

b)

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{c}{v_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow v_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{c}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'333} = 2'25 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$n_{\text{diamante}} = \frac{c}{v_{\text{diamante}}} \Rightarrow v_{\text{diamante}} = \frac{c}{n_{\text{diamante}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2'417} = 1'24 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

1/c)

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{diamante}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{diamante}}} = \frac{1'333}{2'417} = 0'55$$

$$d) \quad n_{\text{diamante}, \text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{diamante}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{2'417}{1'333} = 1'81$$

e) El medio más refringente es el que posee mayor índice de refracción, es decir, el diamante.