

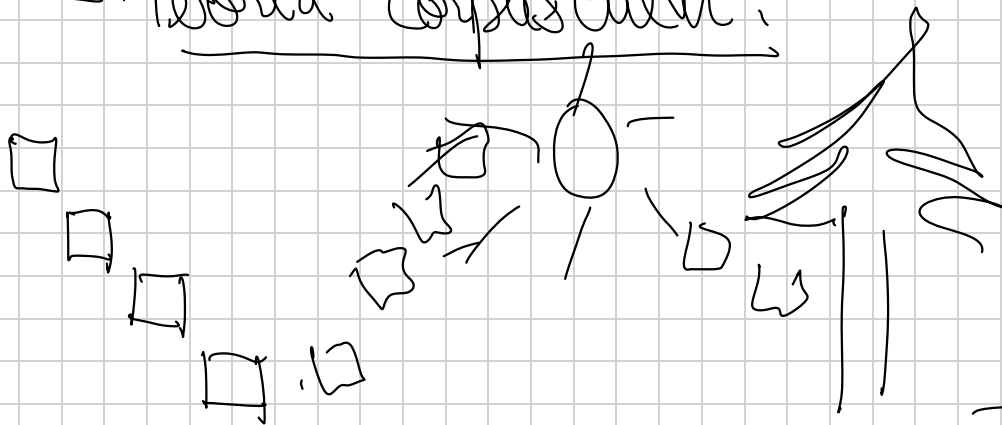
pag 153

→ Naturaleza de la luz.
Ondas electromagnéticas.

- Física Cuántica

- Física Nuclear -

- Teoría corpuscular.

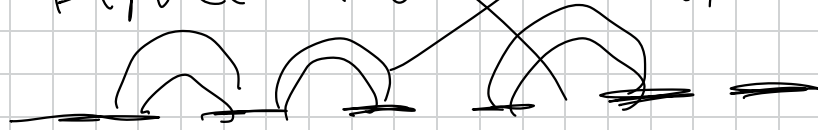


propagación en el
vacío.

formación de
sombras.

~~Interferencias de ondas luminosas.~~

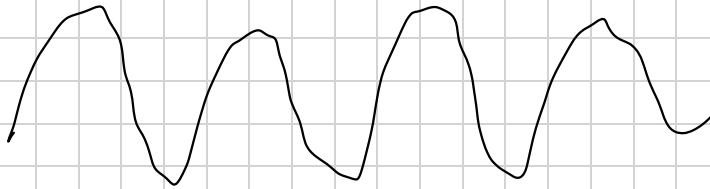
~~Difracción de la luz.~~



- Teoría ondulatoria de la luz -

Huygens

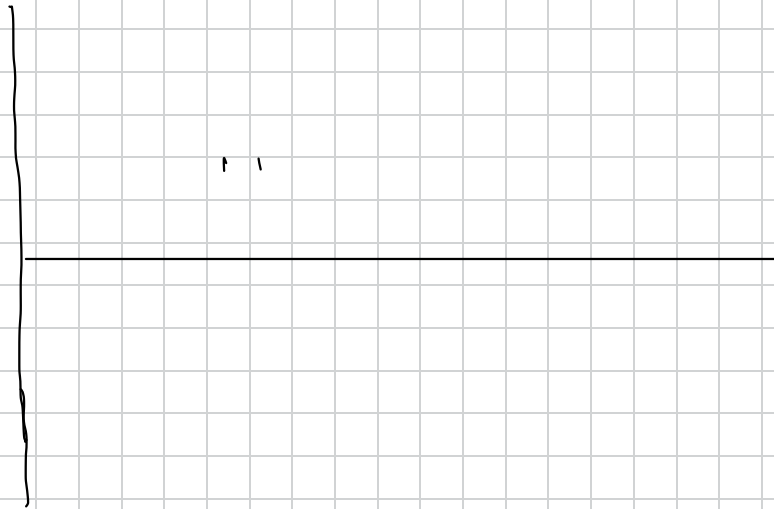
Fresnel

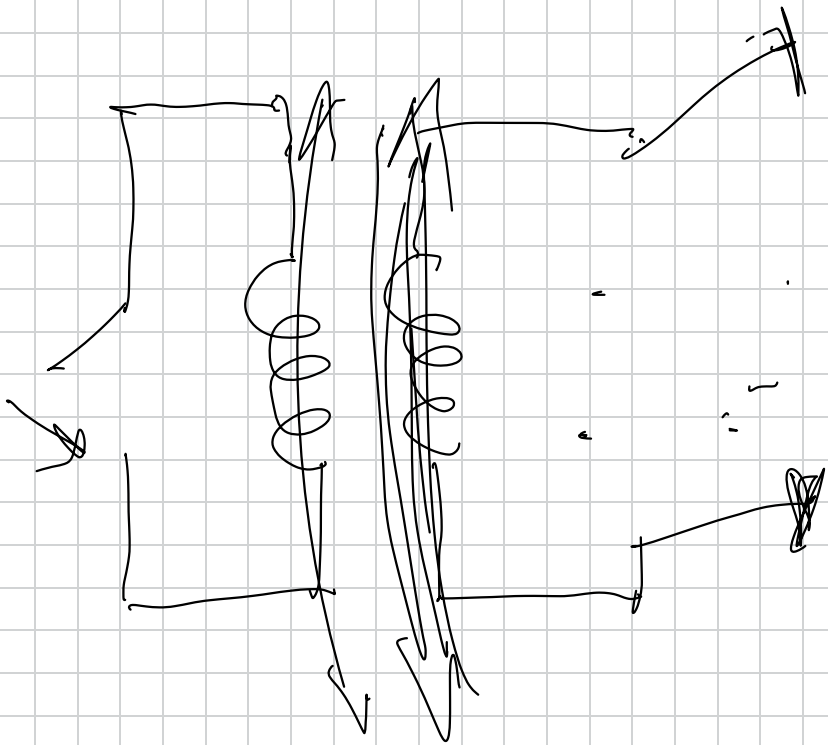


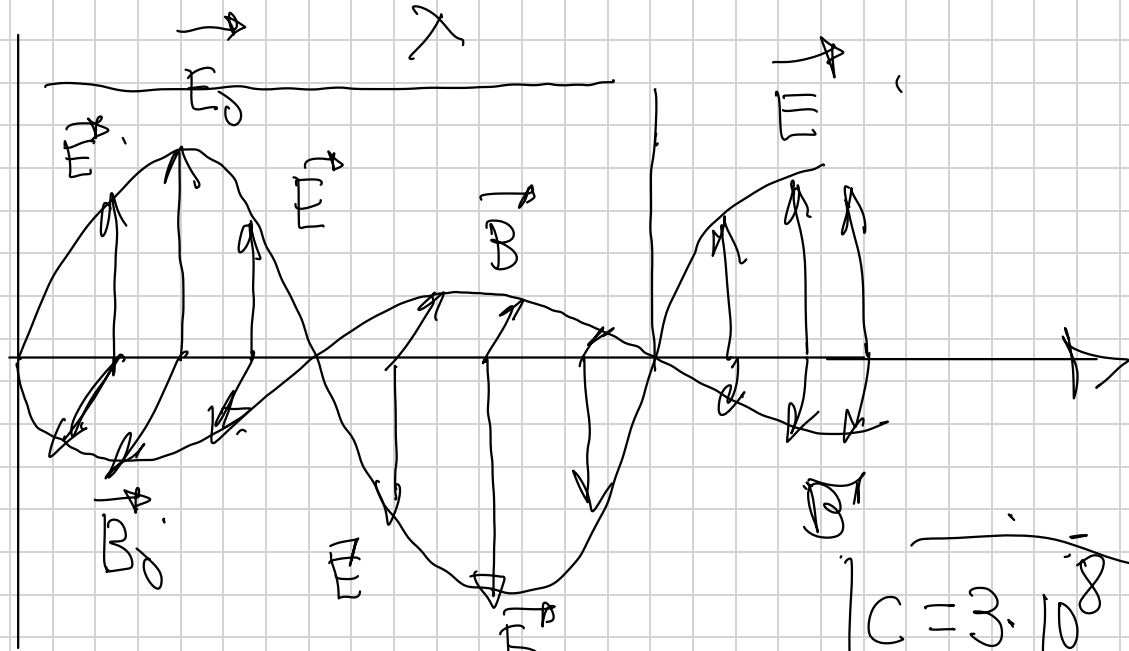
// éter lumínico.

~~Propagación en el vacío~~

- Teoría electromagnética de la luz.







$$c = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$$

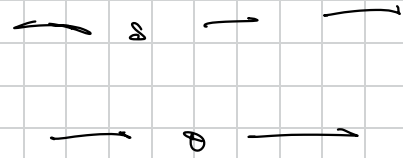
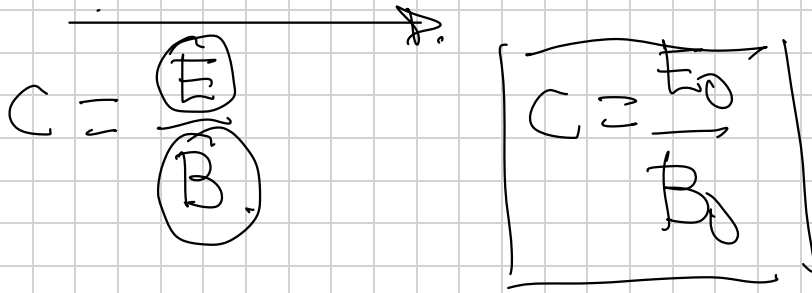
$$E = E_0 \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (\text{SI})$$

$$B = B_0 \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (\text{SI})$$

$$\left(\frac{N}{C} = \frac{V}{m} \right)$$

$$(T)$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \text{ en el vacío. }$$



Albert Einstein

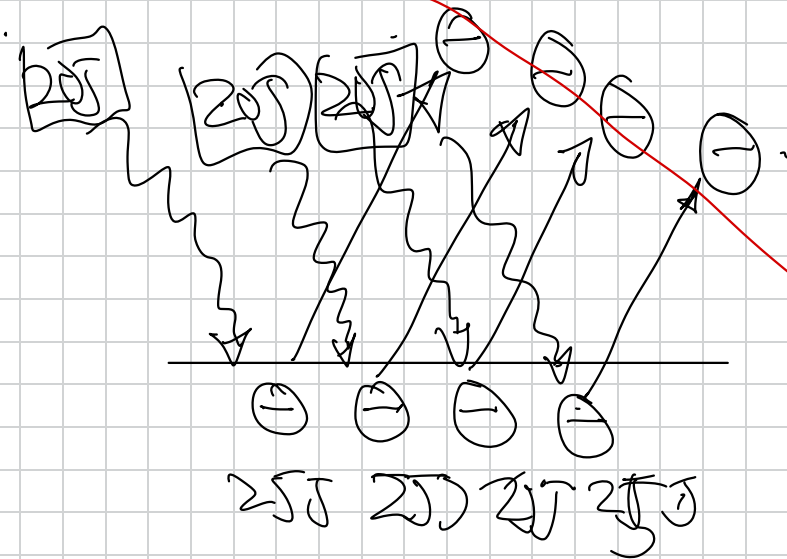
[Efecto fotoeléctrico]

} Física Cuántica.

Efecto fotoeléctrico

$$E_{\text{fotón}} = W_e + E_{ce}$$

$$h \cdot f = W_e + \frac{1}{2} m_e v_e^2$$



Corpusculos
fotones.

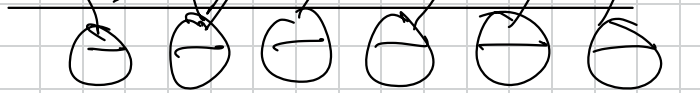


80J

$$E_c = \frac{1}{2} m v_c^2 = 15J$$

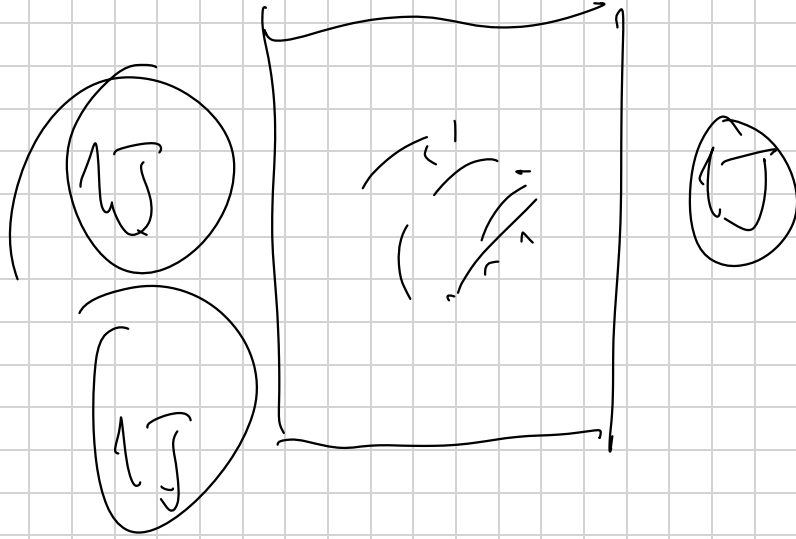
40J

40J



(25J) 25J 25J

15 15 15,



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

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

- Calcula la longitud de onda y la frecuencia
- Calcula la amplitud del campo eléctrico
- Calcula la amplitud del campo magnético y su ecuación

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

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

$$E_0 = 100 \frac{\text{N}}{\text{C}} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$$

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

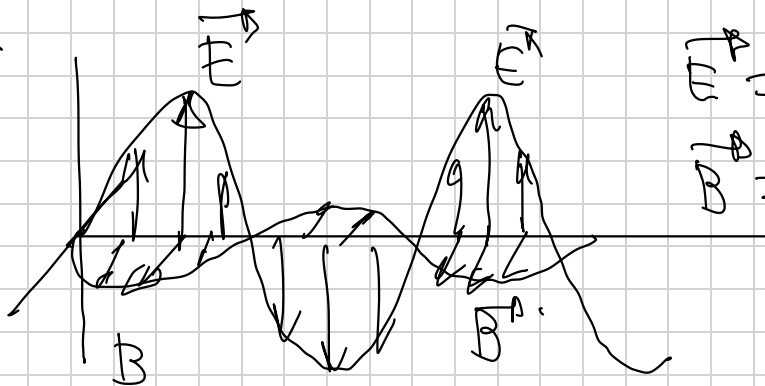
$$\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3 \cdot 10^{15}}{2\pi} \text{ Hz}$$



$$C = \frac{\mu_0 \mu_r}{4\pi} \frac{d\Phi}{dx} \Rightarrow B_{eff} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\Phi}{dx} \therefore = 3133 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$E = 100 \cdot \sin(3 \cdot 10^5 t - 1 \cdot 10^7 x)$$

$$B = 3133 \cdot 10^{-7} \cdot \sin(3 \cdot 10^5 t - 1 \cdot 10^7 x) \quad (\text{SI})$$



$$E = 100 \cdot \sin(3 \cdot 10^5 t - 1 \cdot 10^7 x) \quad (\text{SI})$$

$$B = 3133 \cdot 10^{-7} \sin(3 \cdot 10^5 t - 1 \cdot 10^7 x) \quad (\text{SI})$$

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 $t=0$.

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

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

$$\text{KHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

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

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

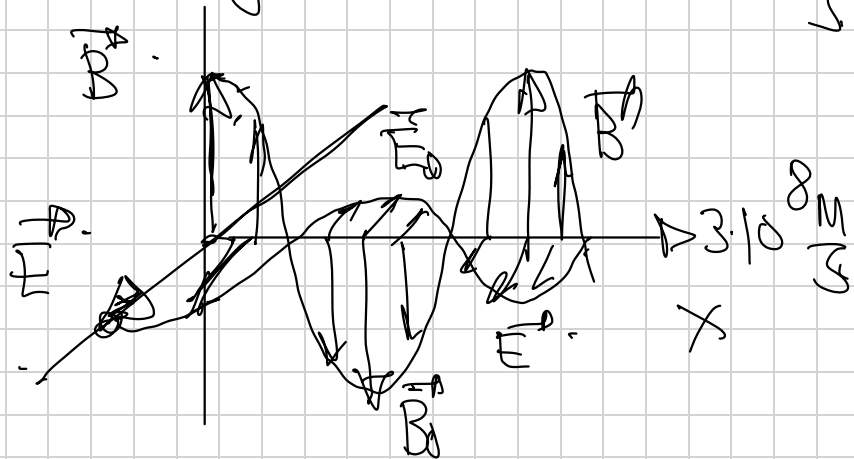
$$C = \frac{\lambda}{T}$$

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

$$f = 20 \text{ MHz}$$

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

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 20 \cdot 10^6 = 125 \cdot 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.42} = 0.42 \text{ rad/m}$$

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

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

$$\vec{E} = 3 \cdot 10^3 \cdot \cos(1.25 \cdot 10^8 t - 0.42 x) \quad \vec{E} \parallel \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{B} = 10^{-11} \cdot \cos(1.25 \cdot 10^8 t - 0.42 x) \quad \vec{B} \parallel \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$c = \frac{E}{B} \Rightarrow B = \frac{E}{c} \Rightarrow B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 10^{-11} \text{ T}$$

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

a) Calcula la longitud de onda y el período

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

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

42

a) Al igual que la velocidad de propagación de una onda la expresáremos como $v = \frac{\lambda}{T}$, si sabemos que cualquier onda electromagnética posee una velocidad de propagación en el vacío que es $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, podremos expresarla como $c = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1,5 \text{ m}$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{5 \cdot 10^{-9}} = 1,25 \cdot 10^9 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{1,5} = 4,18 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$c = \frac{E}{B} \Rightarrow c = \frac{E_0}{B_0} \Rightarrow E_0 = c \cdot B_0 = 3 \cdot 10^8 \cdot 1,7 \cdot 10^{-6}$$

$$E_0 = 510 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E = E_0 \cdot \text{sen}(\omega t - kx)$$

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

$$E = 510 \cdot \text{sen}(1,25 \cdot 10^9 t - 4,18 x) \text{ (S.I.)}$$

$$B = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot \text{sen}(1,25 \cdot 10^9 t - 4,18 x) \text{ (S.I.)}$$

$$\vec{E} = 510 \cdot \text{sen}(1,25 \cdot 10^9 t - 4,18 x) \vec{j} \text{ (S.I.)}$$

$$\vec{B} = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot \text{sen}(1,25 \cdot 10^9 t - 4,18 x) \vec{k} \text{ (S.I.)}$$

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

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

43

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

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

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

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

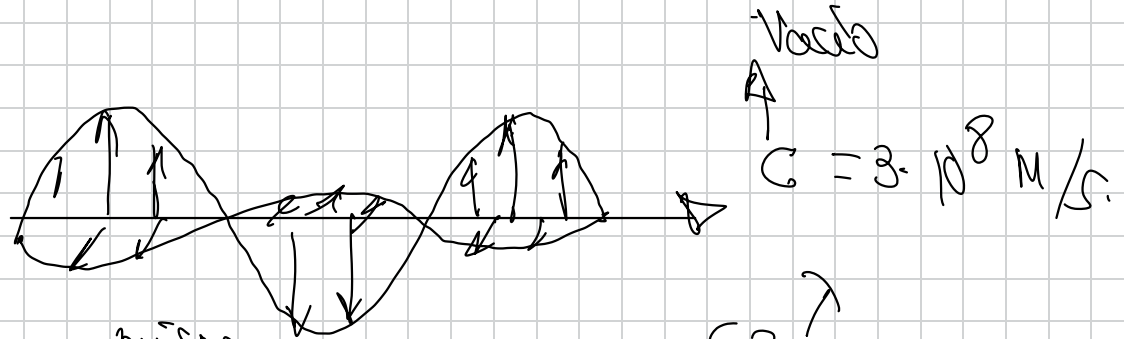
$$E = E_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$$

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

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

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

8.- EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



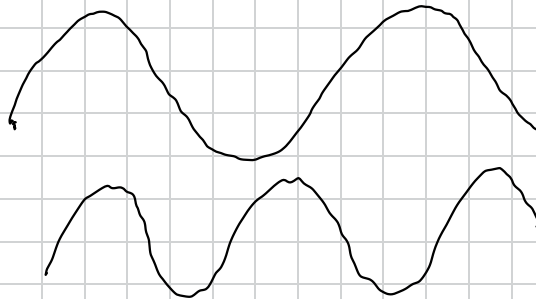
misma

$$|c| = \lambda f$$

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

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

menor f



Ondas de radio.
microondas.

mayor f

Infrarojo -

rojo

naranja

amarillo

verde

azul

violeta

luz visible

ultravioleta

ultravioleta

rayos X

rayos X

rayos gamma

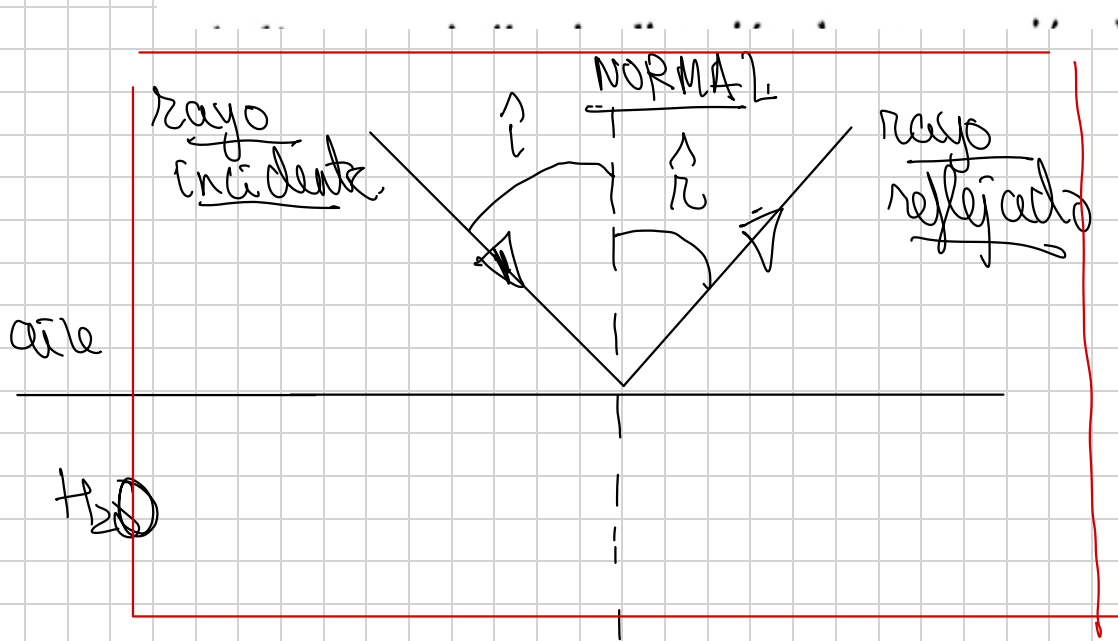
rayos gamma

luz visible

luz invisible

Handwritten scribbles on graph paper, including several rows of wavy lines and some illegible characters.

9.- REFLEXIÓN DE LAS ONDAS



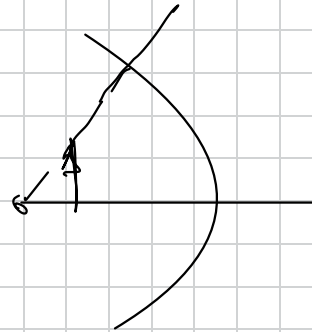
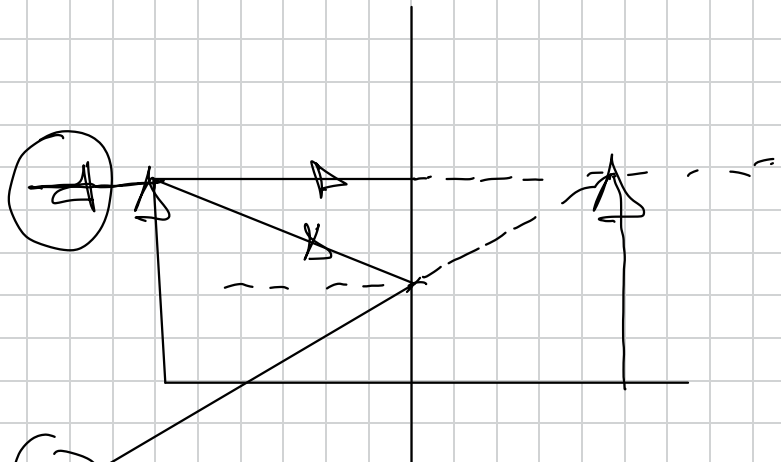
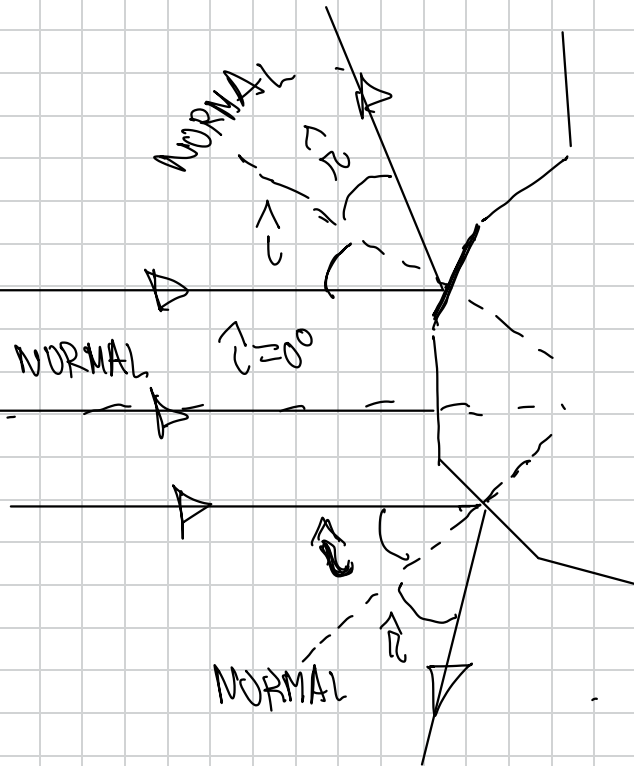
$$\theta_i = \theta_r$$

2 leyes.

BOLA DE DISCOTECA.

$$\hat{L} = \hat{R}$$

$$\hat{L} = \hat{R} = 0^\circ$$



page 162.

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

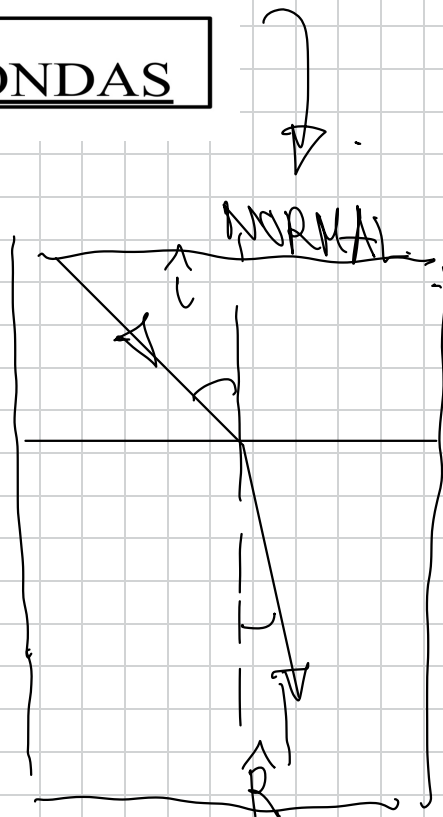
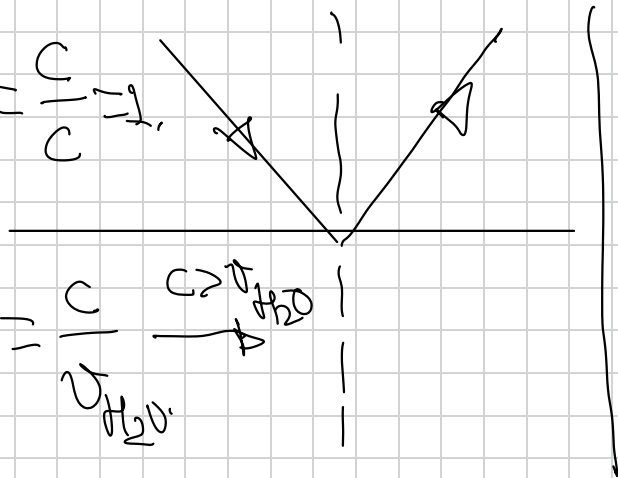
10.- REFRACCIÓN DE LAS ONDAS

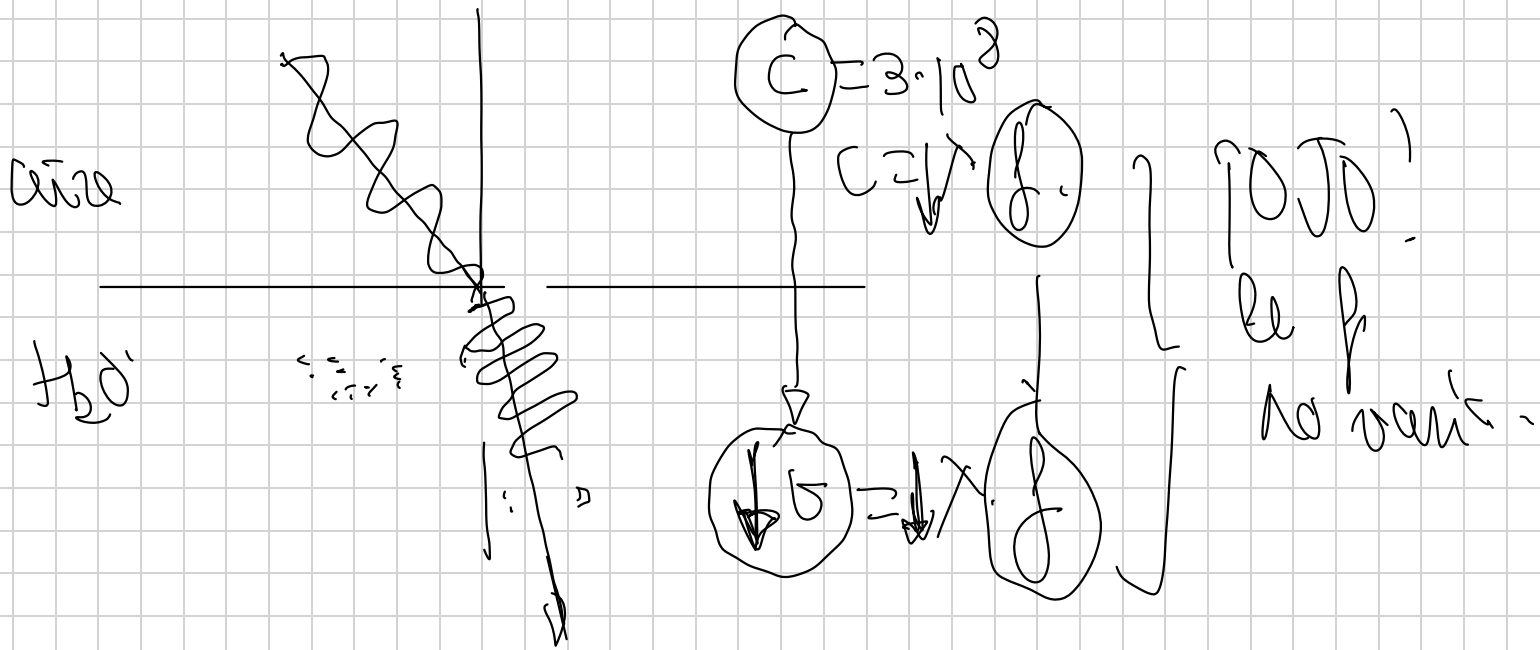
$$n = \frac{c}{v}$$

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

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{c}{v_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} > 1.$$

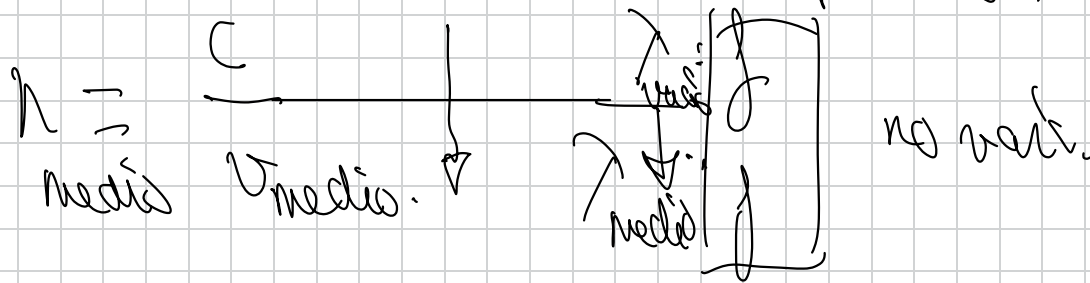




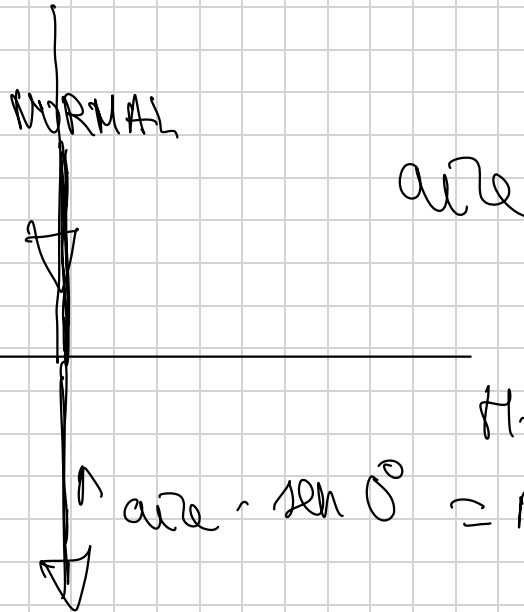
key de Snell

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

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.} \rightarrow \boxed{v_{\text{max}}}$ que pode existir.



$n_{\text{ar}} = \frac{c}{c} = 1.$



$n_{\text{agua}} = \frac{c}{v_{\text{H}_2\text{O}}} > 1$

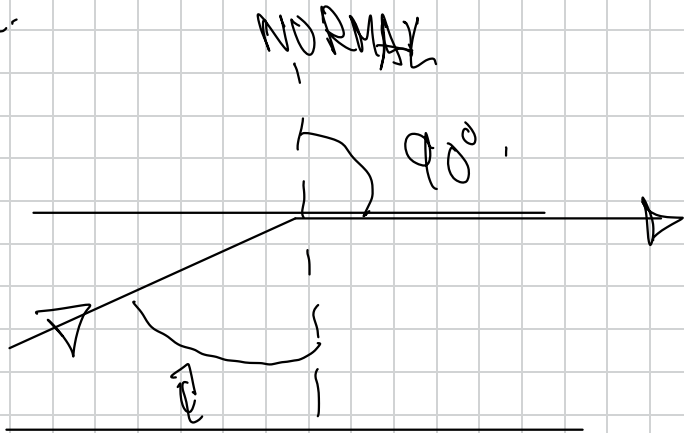
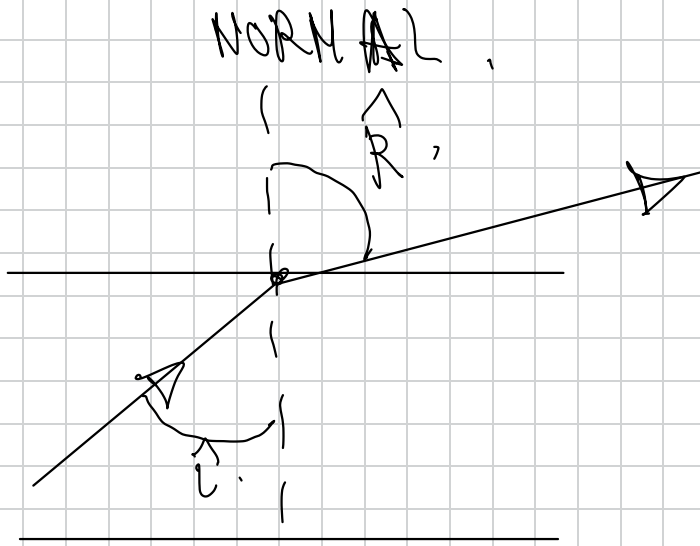
$\boxed{c > v}$

$\therefore \text{ar} \cdot \text{sen } 0^\circ = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{sen } R.$

rajo
chudente.

n_2 .

n_1



$$n_{\text{aire}} \cdot 0 = n_{H_2O} \cdot \text{sen } R$$

$$0 = n_{H_2O} \cdot \text{sen } R$$


$$R = 0^\circ$$

ley de Snell

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

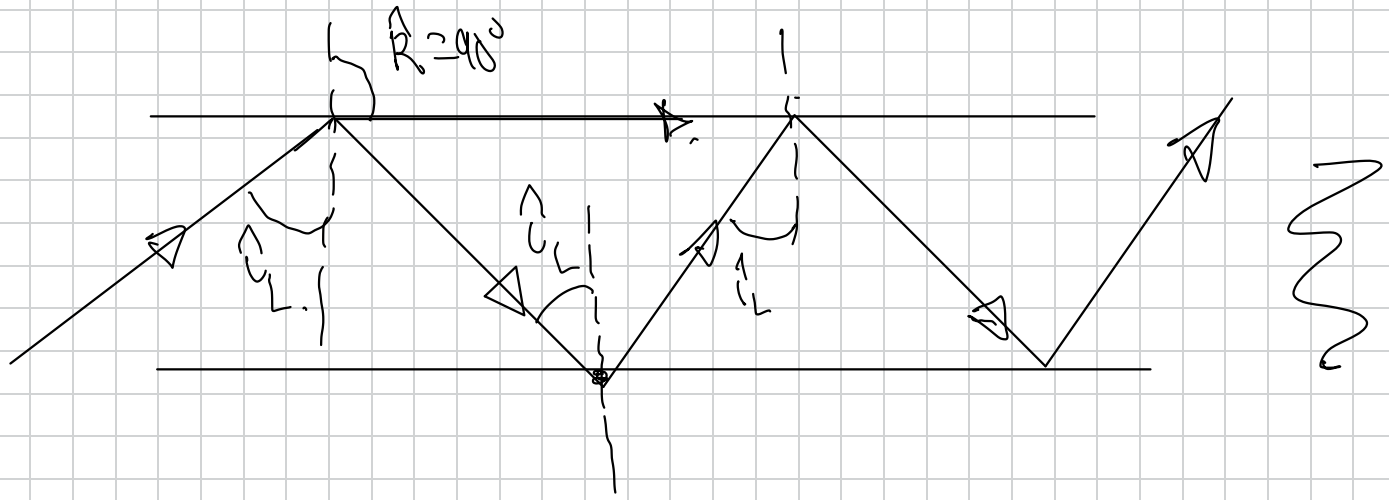
$r = 90^\circ$

$$\text{sen } i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

Se le llama α_{em}  $= \arcsen \frac{n_2}{n_1}$
 α_{em} ángulo límite
de refracción o ángulo
de reflexión total.

FIBRA ÓPTICA

100110010101
1001



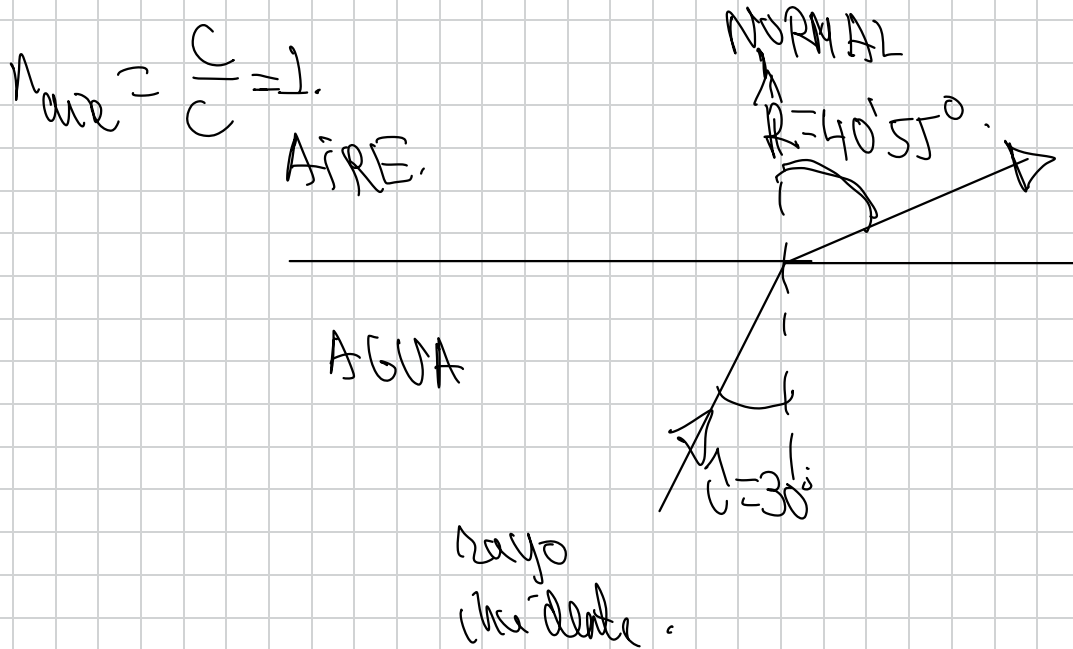
FIBRA ÓPTICA.

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 $n=1,3$



$$n_{\text{agua}} \cdot \sin i = n_{\text{aire}} \cdot \sin r$$

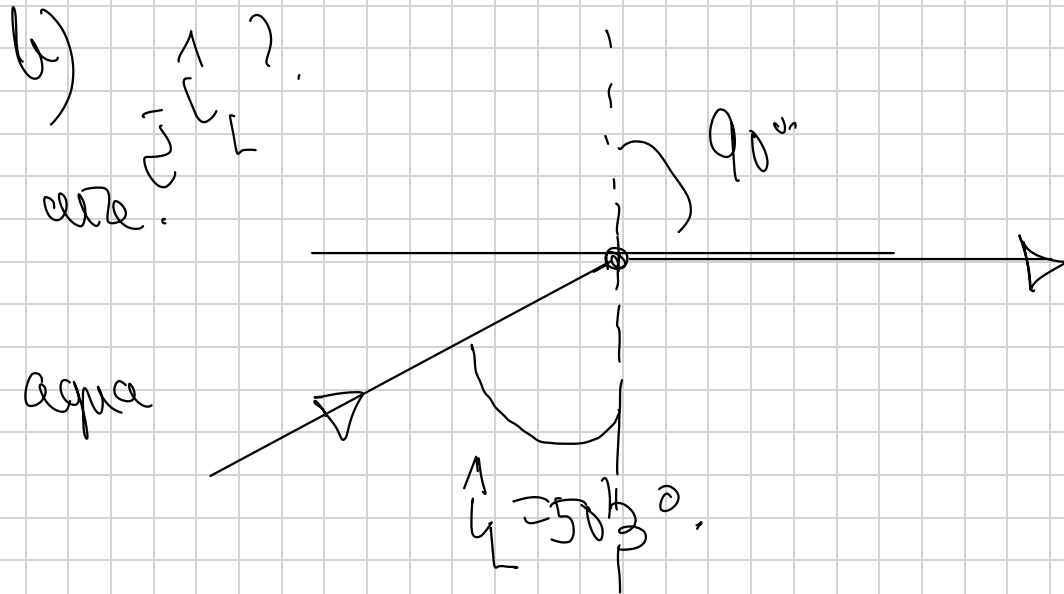
$$1,3 \cdot \sin 30^\circ = 1 \cdot \sin r$$

$$1,3 \cdot 0,5 = 1 \cdot \sin r$$

$$0,65 = \sin r$$

$$r = \arcsin 0,65$$

$$R = 40 \text{ } ^\circ \text{ } 50'$$



$$n_{\text{aria}} \cdot \sin 90^\circ = n_{\text{acqua}} \cdot \sin \vec{L}$$

$$1 \cdot 1 = 1,33 \cdot \sin \vec{L}$$

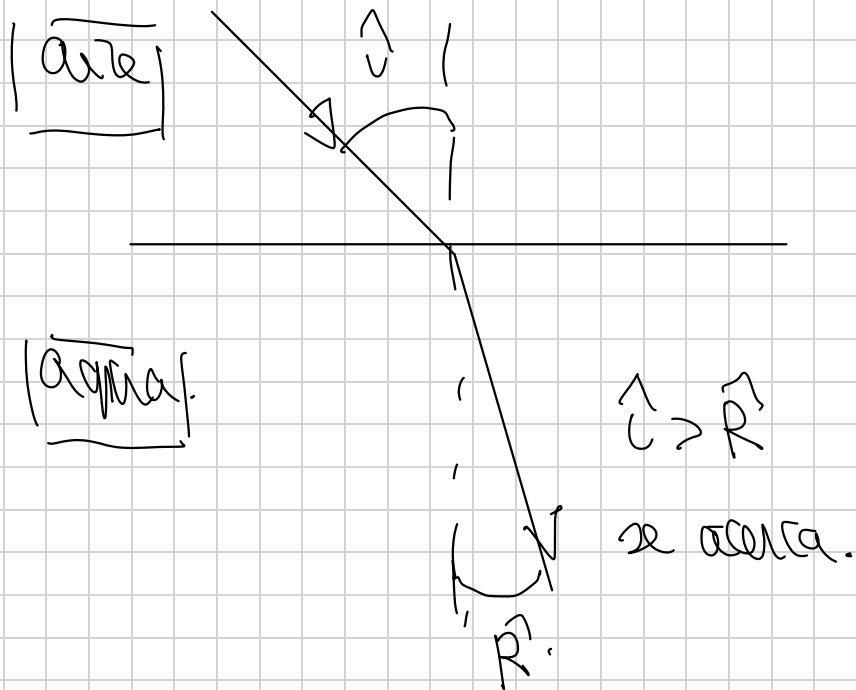
$$\sin \hat{i}_L = \frac{1}{1.33}$$

$$\hat{i}_L = \arcsin \frac{1}{1.33} \Rightarrow \boxed{\hat{i}_L = \arcsin 0.77}$$

$$\hat{i}_L = 50^\circ 30'$$

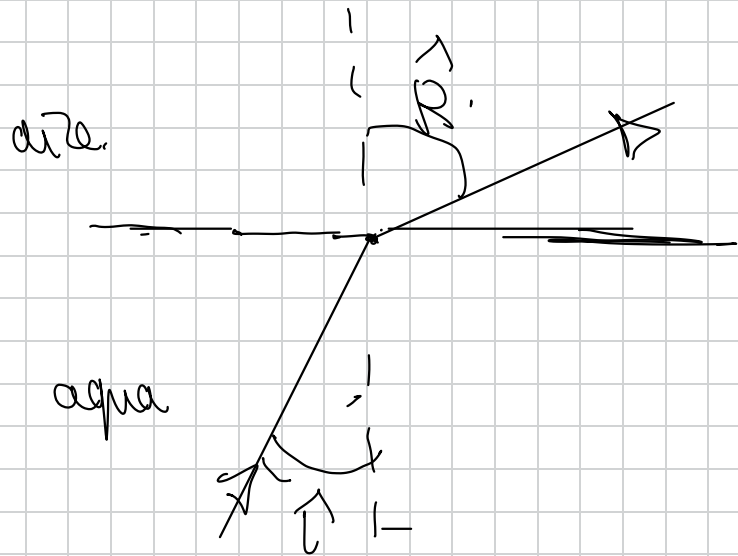
49.- ¿Porqué al pasar la luz del aire al agua el rayo se acerca a la normal y en caso contrario se aleja?

CUESTIÓN MUY IMPORTANTE



ley de Snell.

$$n_{\text{aere}} \cdot \sin i = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin R.$$



ley de Snell.

$$n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \sin i = n_{\text{aere}} \cdot \sin R.$$

$$\frac{\sin i}{\sin R} \approx \frac{n_{H_2O} = \frac{c}{v_{H_2O}}}{n_{aire} = \frac{c}{v}} > 1.$$

$$\frac{\sin i}{\sin R} > 1.$$

$$\begin{aligned} \sin i &> \sin R \\ i &> R \end{aligned}$$

$$\frac{\sin i}{\sin R} \approx \frac{n_{aire} = 1}{n_{H_2O} > 1} < 1.$$

$$\frac{\sin i}{\sin R} < 1.$$

$$\begin{aligned} \sin i &< \sin R \\ i &< R \end{aligned}$$

El rayo se
alza de la normal.

r



¡OJO! el fenómeno del ángulo límite solo se da en este caso.

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.

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

cuarzo

$$n_{\text{cuarzo}} = \frac{c}{v_{\text{cuarzo}}} \Rightarrow v_{\text{cuarzo}} = \frac{c}{n_{\text{cuarzo}}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$N_{\text{canto}} = \frac{c}{v_{\text{canto}}} = \frac{v_{\text{vazio}}}{v_{\text{canto}}} \cdot f$$


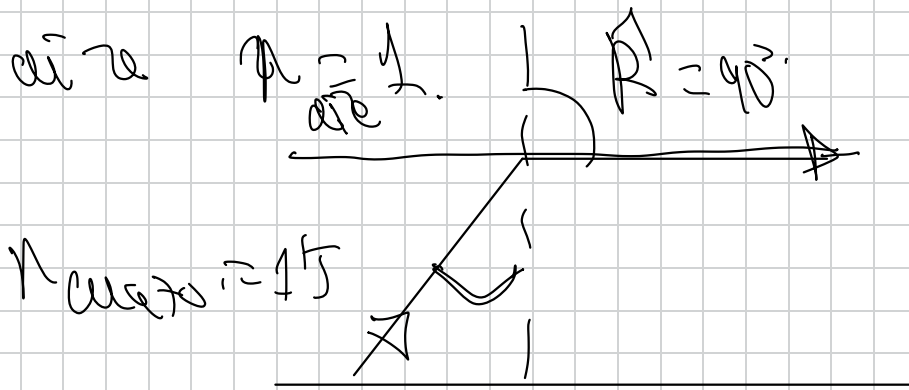
vazio
canto

$$v_{\text{canto}} = v_{\text{vazio}} \cdot f$$

$$N_{\text{canto}} = \frac{v_{\text{vazio}}}{v_{\text{canto}}}$$

$$v_{\text{canto}} = \frac{v_{\text{vazio}}}{15} = \frac{580 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{15}$$

$$v_{\text{canto}} = 387 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$



n_{water}

n_{air}

$i < R$

puede pasar.

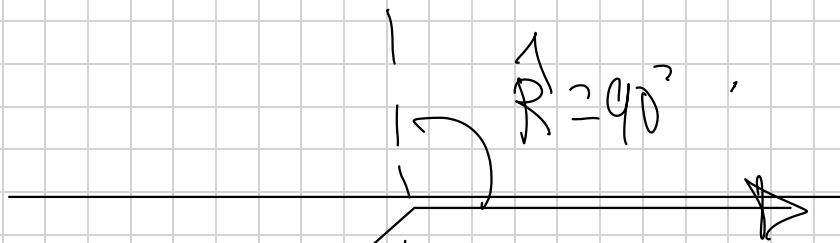
ley de Snell.

$n_{\text{water}} \cdot \sin i = n_{\text{air}} \cdot \sin R$

$$1.5 \cdot \sin i = 1 \cdot 1$$

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

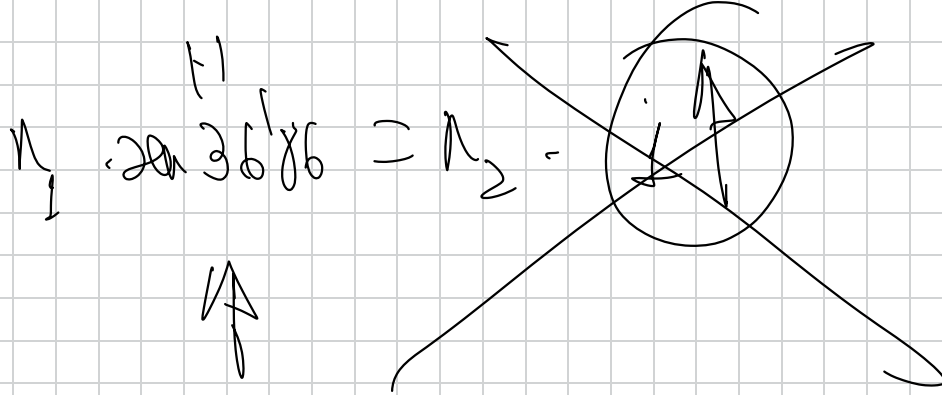
$$\vec{v}_L = 36'86''$$



$$\vec{v}_L = 36'86''$$

$$\vec{v}_L \text{ (circled)} = 36'86''$$

$$N_1 \cdot \sin \vec{1} = N_2 \cdot \sin \vec{90}$$



- 51.- El espectro visible en el aire está comprendido entre las longitudes de onda 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo)
- Calcule las frecuencias de estas radiaciones extremas. ¿Cuál de ellas se propaga a mayor velocidad?
 - 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)

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

a) $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ \rightarrow se desplazan a la misma velocidad.

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = \begin{matrix} \nearrow \\ \text{rojo} \\ \text{vario} \end{matrix} \cdot \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{rojo} \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{rojo} \end{matrix} = \begin{matrix} c \\ \nwarrow \\ \text{rojo} \\ \text{vario} \end{matrix}$$

$$c = \begin{matrix} \nearrow \\ \text{violeta} \\ \text{vario} \end{matrix} \cdot \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{violeta} \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{violeta} \end{matrix} = \begin{matrix} c \\ \nwarrow \\ \text{violeta} \\ \text{vario} \end{matrix}$$

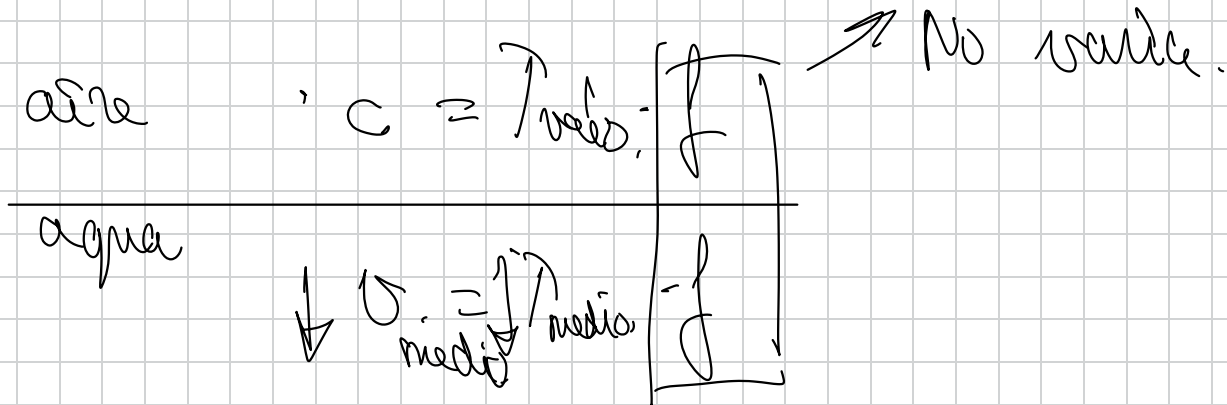
$$c = \lambda_{\text{rojo}} \cdot f_{\text{rojo}}$$

$$f_{\text{rojo}} = \frac{c}{\lambda_{\text{rojo}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{780 \cdot 10^{-9}} = 385 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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

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

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



$$n \equiv \frac{C}{G} \equiv \frac{\begin{array}{c} \nearrow \text{vacío} \\ \leftarrow \text{medio} \end{array}}{\quad} \Rightarrow \quad \begin{array}{c} \nearrow \\ \leftarrow \end{array}$$

$$n \equiv \frac{\begin{array}{c} \nearrow \text{vacío} \\ \leftarrow \text{medio} \end{array}}{\quad} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{c} \nearrow \\ \leftarrow \\ \text{medio} \end{array}} \equiv \frac{\begin{array}{c} \nearrow \text{vacío} \\ \leftarrow \end{array}}{n}$$

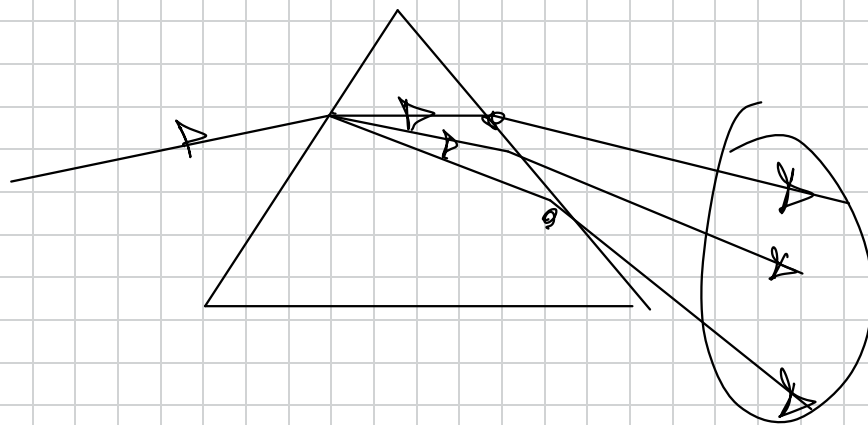
$$\lambda_{\text{azija}} = \frac{\lambda_{\text{azija vakuumā}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

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

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

pag 163

11: Dispersión de la luz.



rojo
naranja
:
violeta,