

Quando un'onda attraversa una superficie di separazione tra due mezzi

$v$  → varia

$\omega$  → costante

$k$  → varia

$\lambda$  → varia

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$\lambda_1 \nu = \frac{\lambda_1 \omega}{2\pi} = v_1$$

$$\lambda_2 \nu = \frac{\lambda_2 \omega}{2\pi} = v_2$$

$$k_1 = \frac{\omega}{v_1} = \frac{2\pi\nu}{\nu\lambda_1} = \frac{2\pi}{\lambda_1}$$

$$k_2 = \frac{\omega}{v_2} = \frac{2\pi\nu}{\nu\lambda_2} = \frac{2\pi}{\lambda_2}$$

⇒

$$\left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \right)$$

$$\left( \frac{k_1}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)$$

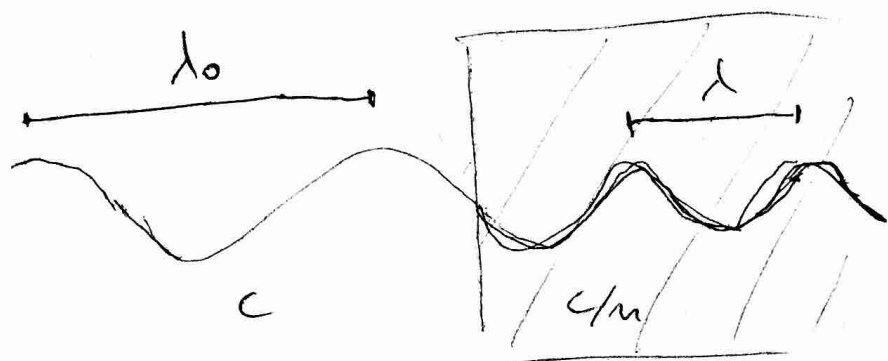
per  $v_1 > v_2 \Rightarrow \lambda_1 > \lambda_2$

es. : Dal vuoto a un mezzo trasparente

VUOTO  
 $v_1 = c$   
 $\lambda_1 = \lambda_0$   
 $k_1 = k_0$

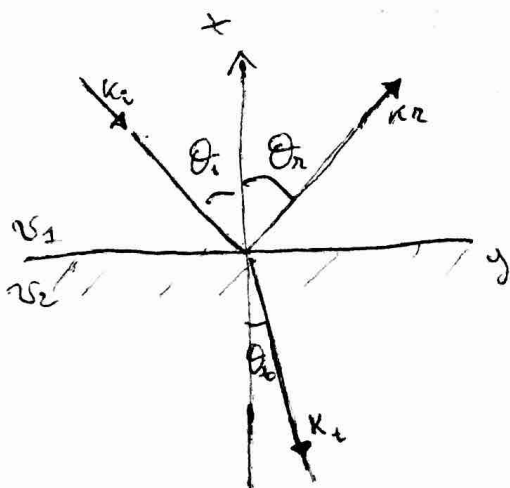
MEZZO  
 $v_2 = c/n$   
 $\lambda_2 = \lambda$   
 $k_2 = k$

Indice di rifrazione  
 $n > 1$  nel visibile



$\lambda$  nel mezzo è minore di  $\lambda$  nel vuoto

### LEGGI DELLA RIFLESSIONE E DELLA RIFRAZIONE



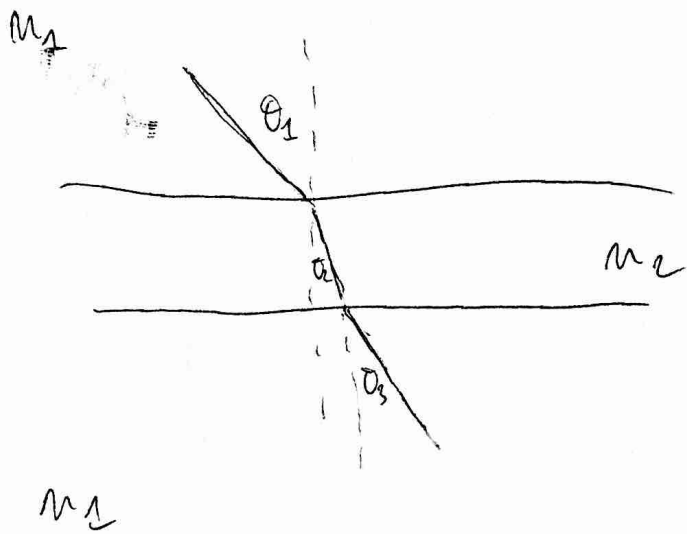
1) la direzione di propagazione dell'onda riflessa giace sul piano individuato dalla direzione di propagazione dell'onda incidente e della normale alla superficie di separazione

2)  $\theta_i = \theta_r$

3)  $\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{c} \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_2}{n_1}$

## ESERCIZIO

Un fascio di luce passa da una regione A a una regione B di un mezzo con indice di rifrazione  $n_1$  attraverso una lamina di materiale con indice di rifrazione  $n_2$ . Di quale angolo il fascio emergente viene deviato rispetto al fascio incidente?



Utilizzo la legge di Snell per l'interfaccia superiore

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$$

nell'interfaccia inferiore invece

$$\frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2$$

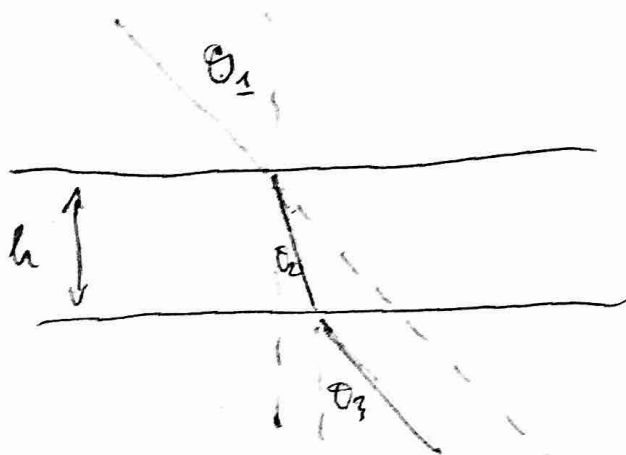
otiengo quindi

$$\operatorname{sen} \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \operatorname{sen} \theta_2 = \frac{n_2}{n_1} \frac{n_1}{n_2} \operatorname{sen} \theta_1 = \operatorname{sen} \theta_1$$

ovvia  $\theta_1 = \theta_3$

## ESERCIZIO

Un fascio di luce monocromatica incide con un angolo  $\theta_1 = 30^\circ$  su una lastra di vetro con indice di rifrazione  $n = 1.66$  e spessore  $h = 2\text{ cm}$ . Trovare la posizione  $P$  del fuoco di luce in uscita dalla lastra.



Come nell'esercizio precedente

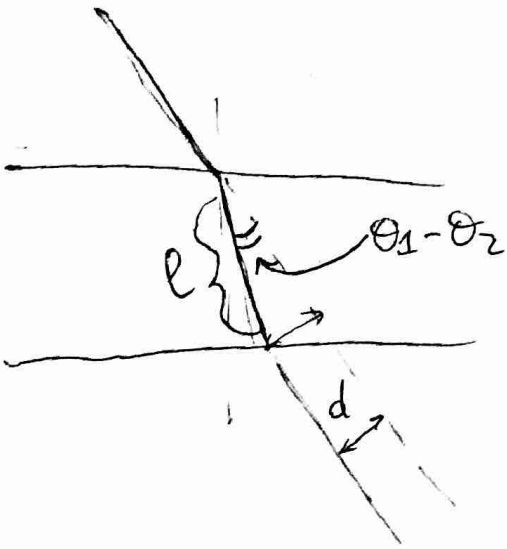
$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$$

$$\sin \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2$$

$$\Rightarrow \theta_3 = \theta_1$$

l'angolo di uscita è lo stesso

definiamo  $d$  ed  $l$



$$h = l \cos \theta_2 \quad \Rightarrow \quad l = \frac{h}{\cos \theta_2}$$

$$d = l \sin(\theta_1 - \theta_2) = \frac{h \sin(\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2}$$

osserviamo che

$$\sin(\theta_1 - \theta_2) = \sin \theta_1 \cos \theta_2 - \cos \theta_1 \sin \theta_2$$

inoltre  $n_1 = 1 \rightarrow \text{aria}$

$$n_2 = n = 1.66$$

$$\Leftrightarrow \sin \theta_2 = \frac{\sin \theta_1}{n}$$

$$d = h \sin \theta_1 \left[ \frac{\cos \theta_2 - \frac{\cos \theta_1}{n}}{\cos \theta_2} \right]$$

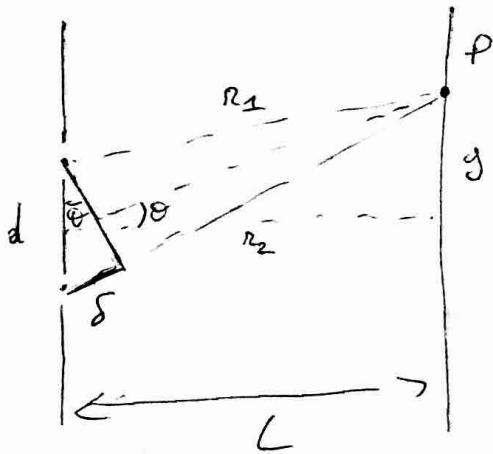
$$d = h \sin \theta_1 \left[ 1 - \frac{\cos \theta_1}{n \cos \theta_2} \right]$$

$$d = h \sin \theta_1 \left[ 1 - \frac{\cos \theta_1}{n \sqrt{1 - \sin^2 \theta_2}} \right]$$

$$d = h \sin \theta_1 \left[ 1 - \frac{\cos \theta_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1}} \right]$$

## ESERCIZIO

Uno schermo si trova a  $1.2 \text{ m}$  da 2 fenditure illuminate. La distanza tra le fenditure è  $0.03 \text{ mm}$ . La frangia chiara del  $2^{\circ}$  ordine ( $m=2$ ) si trova a  $4.5 \text{ cm}$  dalla frangia centrale. Calcolare la lunghezza d'onda della luce.



Interferenza costruttiva

$$\delta = d \sin \theta = m \lambda$$

Interferenza distruttiva

$$\delta = d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Se  $L \gg d$  e  $d \gg \lambda$

$$y = L \tan \theta \quad \text{con} \quad \sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$$

$$d \sin \theta = m \lambda$$



$$\theta \approx \frac{m\lambda}{d} \quad \text{frangio chiara}$$

$$\theta \approx \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{d} \quad \text{frangio oscura}$$

$$y_{\text{chiaro}} = \frac{\lambda L}{d} m$$

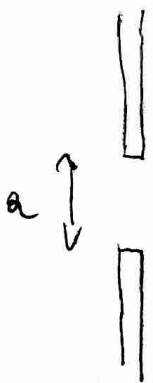
$$y_{\text{oscura}} = \frac{\lambda L}{d} (m + \frac{1}{2})$$

osservo quindi

$$y = \frac{\lambda L}{d} (m=2) \rightarrow \lambda = \frac{dy}{mL} = 560 \text{ nm}$$

# ESERCIZIO

Una luce di  $580 \text{ nm}$  incide su una fenditura di  $0.3 \text{ mm}$ . Uno schermo è posto a  $2.0 \text{ m}$  dalla fenditura. Calcolare le posizioni delle prime frange scure e la larghezza della frangia centrale chiara.

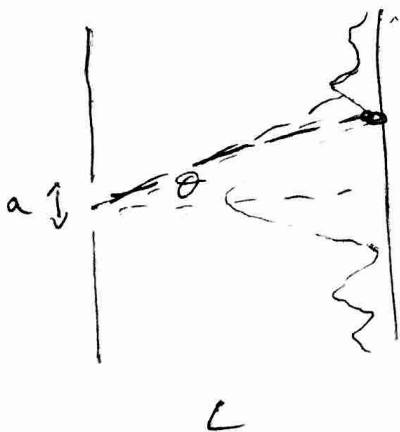


i valori di  $\theta$  per cui le frange scure sono dati da

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{a} \quad m=1 \quad \downarrow \quad = \frac{\lambda}{a}$$

dove le prime due frange scure corrispondono a  $m = \pm 1$

$$\sin \theta = \pm \frac{\lambda}{a} = \frac{5.8 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{0.3 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \pm 1.93 \cdot 10^{-3}$$



Analogamente all'interferenza

$$\tan \theta = \frac{y_1}{L}$$

dato che  $\theta$  è piccolo

$$\sin \theta \approx \frac{y_1}{L}$$

$$y_1 \approx L \alpha \sin \theta = \pm L \frac{\lambda}{2a} = \cancel{3.87 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \\ = 3.87 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$\Rightarrow$

La larghezza dello frangio centrale è

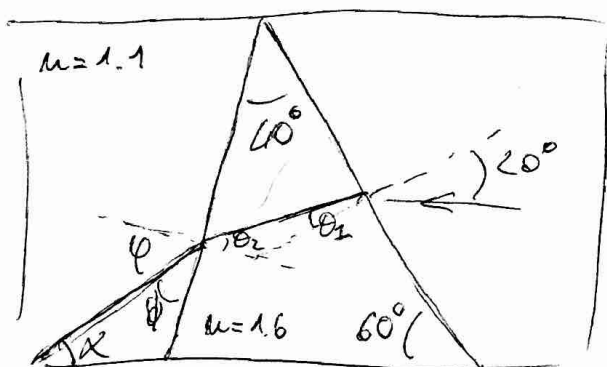
$$2|y_1| = \cancel{7.74} \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

## ESERCIZIO

Un prisma triangolare di vetro ( $n=1.6$ ) è immerso in un liquido ( $n=1.1$ ) come in fig.

Un raggio di luce incide sulla faccia AB formando, rispetto alla normale, un angolo di  $20^\circ$ .

Calcolare l'angolo che il raggio emergente da AC forma con il pavimento



Snell

$$n_2 \sin \theta_1 = n_1 \sin 20^\circ$$

$$\sin \theta_1 = \frac{n_1 \sin 20^\circ}{n_2}$$

$$\theta_1 = 13.6^\circ$$

$$\theta_2 = 40^\circ - 13.6^\circ$$

$$\theta_1 + \theta_2 = A$$

inoltre:  $90 - \theta_2 + 90 - \theta_1 + 40 = 180$

$$\sin \phi = \frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1}$$

$$\phi = 40.3^\circ$$

$$\theta = 90 - \phi = 49.7^\circ$$

$$\theta = 90 - \phi = 49.7^\circ$$