

CORDA che oscilla.

$$L = 5,5 \text{ m} \quad m = 0,36 \text{ kg} \quad F = 77 \text{ N} \quad v = ?$$

$$v_{\text{corda}} = \sqrt{\frac{F_{\text{corda}}}{\mu}}$$

ATTENZIONE !!!!

I SEGUENTI APPUNTI SONO STATI RACCOLTI DURANTE LA LEZIONE QUINDI: NON CORRETTI NE RIVISTI. NE CONSIGLIO UN UTILIZZO SOLO INFORMATIVO

densità di massa $\mu = \frac{m}{L}$ densità lineare

13.6 La velocità sonora in un solido ci dà:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

13.5 Corda di una chitarra. Tensione

$$F_1 = 25 \text{ N} \quad v_1 = 15 \text{ m/s} \quad v_2 = 30 \text{ m/s}$$

$$F_2 = ?$$

$$v_{\text{corda}} = \sqrt{\frac{F_1}{\mu}}$$

Densità lineare è in questo caso costante.

$$\begin{cases} v_1 = \sqrt{\frac{F_1}{\mu}} \\ v_2 = \sqrt{\frac{F_2}{\mu}} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} v_1^2 \cdot \mu &= \frac{F_1}{v_1^2} \\ v_2^2 \cdot \mu &= \frac{F_2}{v_2^2} \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{v_2^2}{v_1^2} \cdot F_1$$

$$y(x,t) = (6,8 \text{ mm}) \sin \left[\left(1,47 \frac{\text{rad}}{\text{m}} \right) x - \left(4,18 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right) t \right]$$

Amplitude = ? ω = ? Velocità = ? λ = ? K = ? T = ? Direzione di prop.

$$y(x,t) = \text{Amplitude} \sin [Kx - \omega t]$$

numero dell'onda

freq. angolare

$$A = 6,8$$

$$K = 1,47 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$\omega = 4,18 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$v = \frac{\omega}{K}$$

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

$$v(\text{freq. lineare}) = \frac{\omega}{2\pi}$$

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

20.15 (Libro testo) pag 477

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

$$\lambda = 750 \text{ nm} = 750 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 400 \text{ nm} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

det. l'intervallo della luce visibile

$$\begin{cases} \nu = \frac{\omega}{2\pi} \\ \nu = \frac{\omega}{K} \\ \lambda = \frac{2\pi}{K} \end{cases} \quad \begin{cases} \omega = \nu \cdot K \\ K = \frac{2\pi}{\lambda} \end{cases}$$

$$\nu = \frac{K \nu}{2\pi} = \frac{2\pi \nu}{2\pi \lambda} = \frac{\nu}{\lambda}$$

$$\nu_1 = 4 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{e} \quad \nu_2 = 75 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

20.28 Corda di massa m $\mu = 0,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$$F = 59 \text{ N}$$

Pot. mediz. di un'onda di ampiezza A

$$\omega = 130 \text{ rad/sec}$$

$$A = 42 \mu\text{m}$$

POT. MEDIA = ?

$$\overline{P} = \frac{1}{2} \mu \nu \omega^2 A^2$$

Velocità dell'onda che si propaga lungo la corda = $\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

20.19

(2)

- Scrivere l'espressione di descrittore la forma d'onda.

$$A = 17 \text{ -- numero d'onda } 5,3 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$\omega = 19 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{propagazione verso } -x$$

$$v = ? \quad v_{\text{max}} = ? \quad a_{\text{max}} = ?$$

SI PROPAGA VERSO $[-x]$
SI CAMBIA SEGNO.

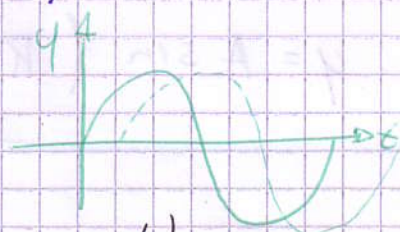
$$y(x, t) = A \sin(Kx + \omega t)$$

2 variabili

$$y = 17 \sin\left(5,3 \frac{\text{rad}}{\text{m}} x + 19 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} t\right)$$

$$v_{\text{onda}} = \frac{\omega}{K}$$

Velocità delle onde.



$$v_{\text{onda}} = \frac{dy}{dt} = \frac{\partial y}{\partial t} = \omega A \cos(Kx + \omega t)$$

$$a_{\text{onda}} = \frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(Kx + \omega t)$$

Trova il max? Le velocità

$$|v_{\text{max}}| = A \omega \cos(Kx + \omega t) = |A \omega|$$

L'Accelerazione max?

$$|a_{\text{max}}| = -A \omega^2 \sin(Kx + \omega t) = |-A \omega^2|$$

Trova la massima pendenza

$$\text{massima Pendenza} = \frac{\partial y}{\partial x} = K A \cos(Kx + \omega t) = KA$$

massima = 1

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = -K^2 A \cos(Kx + \omega t) = -K^2 A$$

2 ONDE IN RISONANZA

$$y_1 = (14 \text{ mm}) \sin \left[\left(4,8 \frac{\text{rad}}{\text{m}} \right) x - \left(29 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right) t - 0,2 \text{ rad} \right]$$

$$y_2 = (14 \text{ mm}) \sin \left[\left(4,8 \frac{\text{rad}}{\text{m}} \right) x - \left(29 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right) t + 2,35 \text{ rad} \right]$$

$$\Delta \varphi = ? \quad y = y_1 + y_2 ?$$

FASE φ INIZIALE

DIFF. FASE

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 =$$

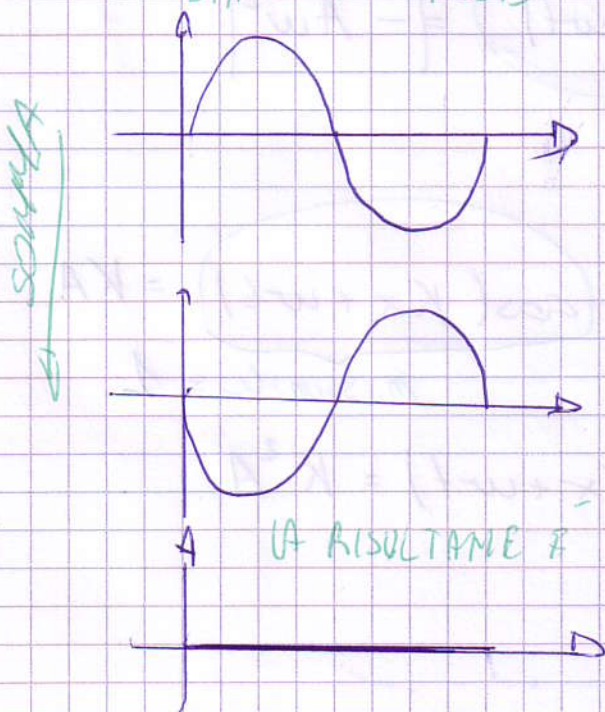
$$y = A \sin (kx \pm \omega t + \varphi)$$

φ FASE

$$\begin{aligned} \Delta \varphi &= 4,8x - 29t + 0,35 - 4,8x + 29t + 0,2 \\ &= 0,35 + 0,2 = 0,55 \end{aligned}$$

$$y = 2A \cos \left(\frac{\Delta \varphi}{2} \right) \sin \left(\varphi_1 - \omega t + \frac{\Delta \varphi}{2} \right)$$

NEL CASO DI 2 ONDE COERENTI. CON DIFF. DI FASE.



LA RISULTANTE È ZERO

Verificare che

$$E_y = E_0 \sin[K(x-ct)]$$

sia soluzione se $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$.

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}$$

SOSTITUISCO

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial E_y}{\partial x} = \frac{\partial [E_0 \sin[K(x-ct)]]}{\partial x} = K E_0 \cos[K(x-ct)]$$

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = -K^2 E_0 \sin[K(x-ct)]$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left\{ E_0 \sin[K(x-ct)] \right\}$$

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = -K^2 c^2 E_0 \sin[K(x-ct)]$$

Sostituisco $\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}$

$$1=1$$

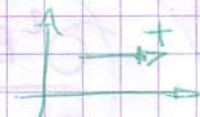
Es 13.13 pag 304.

$$E_y = E_0 \sin [K(x - ct)]$$

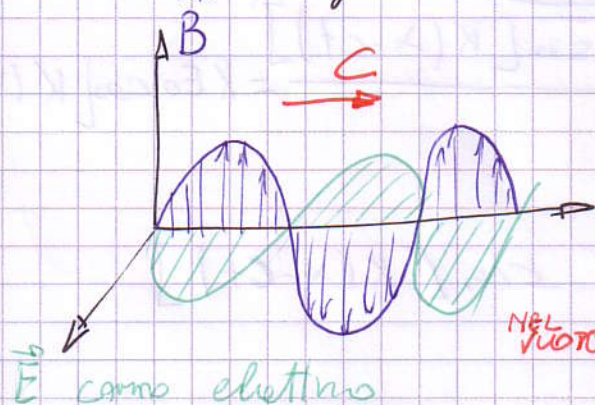
$$B_0 = 510 \text{ nT} = 510 \cdot 10^{-9} \text{ T}$$

sego negativo propaga nel verso x positivo

$E_0 = ?$ Ampiezza del campo elettrico.



Nel campo magnetico oscillano 2 vettori: $\vec{E}$ e $\vec{B}$



$$\vec{E} = \vec{B} \times \vec{C}$$

velocità della luce

Ma il moto.

velocità della luce

$$E = B_0 \cdot C$$

$$E = B C (\sin(\underbrace{\hat{B}, \hat{C}}_{90^\circ}) = B \cdot C$$

Le risposte sarebbe diverse se si propagasse nell'aria.

$$E E_0 E^2 = \mu \mu_0 B^2$$

Cost. v. v. l.
Cost. del v. v. l.

permeabilità

13.5 mg 304

$K = 1,72$

$K = \frac{\epsilon_0}{\epsilon}$ ← vuoto
← CHALUM

$v = ?$

$K = \frac{c^2}{v^2}$ velocità della luce

$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{c^2}{K}} = \frac{c}{\sqrt{K}}$

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

Velocità delle onde elettromagnetiche nel vuoto

13.24

$S = 553 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

$E_0 ?$ $B_0 ?$ Nel vuoto.

$E ?$ $B ?$ Nell'aria.

$S = \frac{1}{2\mu_0} E_0 B_0$

Permeabilità magnetica

$\vec{E} = \vec{B} \times \vec{C}$

Per le onde elettromagnetiche

$E_0 = B_0 C \Rightarrow B_0 = \frac{E_0}{C}$

SOSTITUIAMO

NON È VETTORE È INTENSITÀ MEDIA

$S = \frac{1}{2\mu_0} \frac{E_0^2}{C}$

SOSTITUISCO

$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\mu_0} = \frac{1}{C^2 \epsilon_0}$

$S = \frac{C^2 \mu_0 \epsilon_0^2}{2\mu_0} = \frac{\epsilon_0 C E_0^2}{2} \Rightarrow E_0 = \sqrt{\frac{2S}{C \epsilon_0}}$

$$E_0 = c B_0$$

$$S = \frac{c}{2\mu_0} B_0^2 \Rightarrow B_0 = \sqrt{\frac{2\mu_0 S}{c}}$$

IN CASO DI MATERIA $\neq$ DAL VUOTO.

$$E E_0 E_0^2 = 4\mu_0 B_0^2$$

$$E_0 = \sqrt{\frac{4\mu_0}{E E_0}} B_0$$

Es: 13-31

Pot media del raggio Laser $P_s = 4,3 \text{ mW} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

Sezione $S = 1,2 \text{ mm}^2 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

Supponiamo che la sez della luce sia circolare

$\vec{F} = ?$

$P = ?$

Pressione = $\frac{S}{c}$ — INTENSITA' — POT. MEDIA — SUPERFICE — VELOCITA' ONDE ELETTROMAGNETICHE

$$S = \frac{P_s}{A} = \frac{P_s}{\pi r^2}$$

- CAMBIA SE LA SUPERFICE NON E' COMPLETAMENTE ASSORBENTE

$$P = \frac{P_s}{\pi r^2}$$

$$\vec{F} = \frac{P}{A_{\text{area}}} \Rightarrow F = p \pi r^2 = \frac{P_s \pi r^2}{c \pi r^2} = \frac{P_s}{c}$$

13-34 PAG 305

5

$$\lambda = 540 \text{ nm} = 540 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Frequenza $\nu = ?$

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

$\Rightarrow$

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

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

$$c = \lambda \nu$$

INTERFERENZA

ES: 15.1 (Pag 361) dist. dalle fenditure. $0,18 \text{ m}$

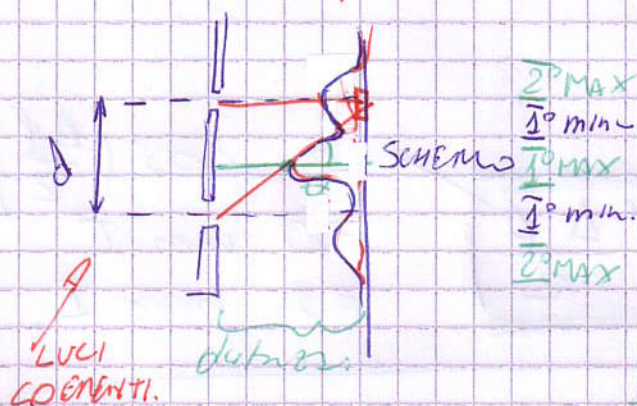
$$d = 0,18 \cdot 10^{-3}$$

$$m = 1 \quad m = 2$$

$$\lambda = 563 \text{ nm} = 563 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$m' = 1 \quad m' = 2$$

$\theta = ?$ Angoli max e min



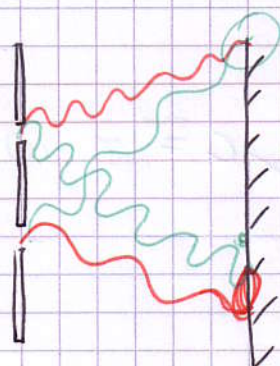
$$d \sin \theta_m = \pm m \lambda \quad \text{max}$$

$m = 1, 2, 3$

$$d \sin \theta_n = \pm \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda \quad \text{min}$$

$$\begin{cases} d \sin \theta_1 = \pm 1 \lambda \Rightarrow \theta_1 = \arcsin \left(\pm \frac{\lambda}{d} \right) \\ d \sin \theta_2 = \pm (2 \lambda) \Rightarrow \theta_2 = \arcsin \left[\pm \frac{2 \lambda}{d} \right] \end{cases}$$

$$\begin{cases} d \sin \theta_1 = \pm \left(1 + \frac{1}{2} \right) \lambda \Rightarrow d \sin \theta_1 = \pm \frac{3}{2} \lambda \Rightarrow \\ \Rightarrow \theta_1 = \arcsin \left(\pm \frac{3 \lambda}{2 d} \right) \end{cases}$$

DIFFERENZA
DUE
FASI

- se si sovrappongono si annullano

ONDE $\neq$ che si sovrappongono HO un MASSIMO.

$$\Delta \phi_1 = 0$$

$$\Delta \phi_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$\Delta \phi_3 = \frac{\pi}{2}$$

$$\Delta \phi_4 = \frac{3}{2}\pi$$

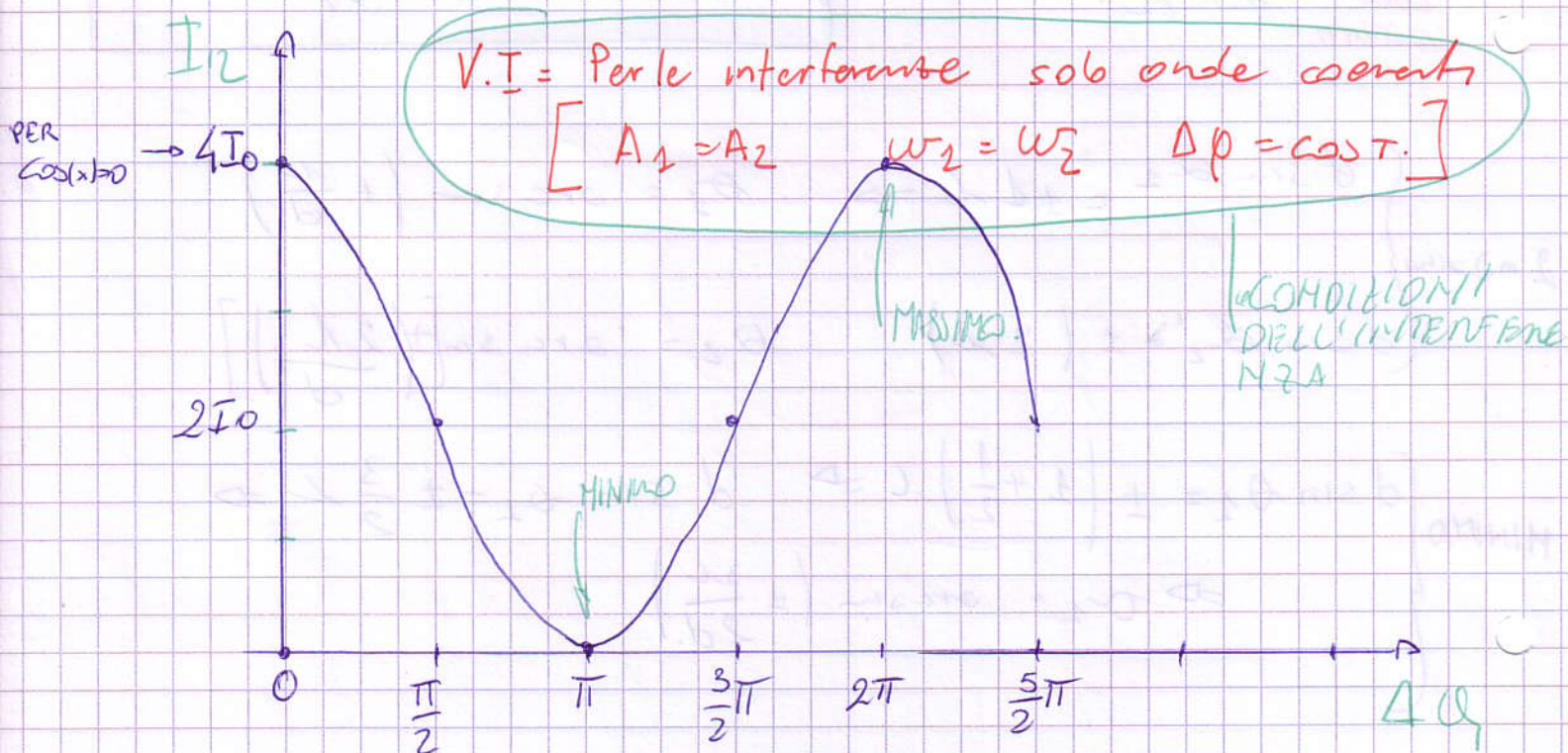
$$\Delta \phi_5 = 2\pi$$

$$\Delta \phi_6 = \frac{5\pi}{2}$$

INTENSITA' = ?

$$I_{12} = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\Delta \phi}{2}\right)$$

se $\cos^2\left(\frac{\Delta \phi}{2}\right)$
 $= 0 \Rightarrow \min I$
 $= 1 \Rightarrow \max I$

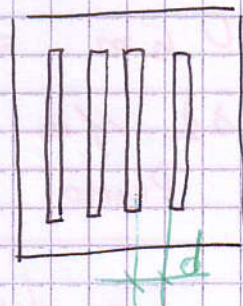


$$\theta_1^A = 18.4^\circ$$

$$d_A = 1.86 \text{ nm} = 1.86 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\theta_1^B = 22.1^\circ$$

$$m = 1$$



Trovare il passo del reticolo. $d^B = ?$

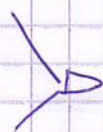
Si usa la legge del massimo.

$$d \sin \theta_m = \pm m \lambda$$

$$d \sin \theta_1 = \lambda$$

$$d^A \sin \theta_1^A = \lambda$$

$$d^B \sin \theta_1^B = \lambda$$



$$\frac{d^B \sin \theta_1^B}{d^A \sin \theta_1^A} = 1$$

PER 2 RETICOLI
SOLO IL
1° ORDINE

$$\Rightarrow d^B = d^A \frac{\sin \theta_1^A}{\sin \theta_1^B}$$

Es: 15.27 PAG 362.

$$\lambda = 550 \text{ nm} = 550 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$d = 2.11 \text{ nm} = 2.11 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$m = 1$ PRIMO ORDINE.

$\theta = ?$ e dispersione $D = ?$

$$d \sin \theta_m = \pm m \lambda$$

$$d \sin \theta_1 = \pm \lambda \Rightarrow \sin \theta_1 = \frac{\pm \lambda}{d}$$

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\pm \lambda}{d}\right)$$

$$\text{Dispersione} = \frac{m}{d \cos \theta_m}$$

$m = 1, 2, 3$

Es: 15.35 PAG 363

LEGGE DI BRAGG.

$$2d \sin \theta_m = \pm m \lambda$$

$m = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$\theta = 24,1^\circ$$

$$d = 0,314 \text{ nm} = 0,314 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$\lambda = ?$

Secondo ordine $m = 2$

$$2d \sin \theta_m = \pm 2 \lambda$$

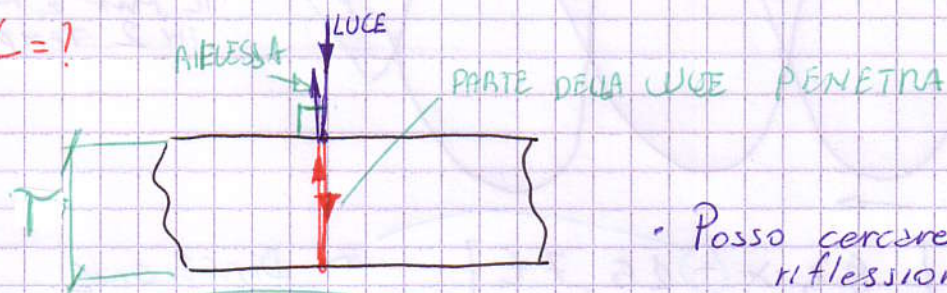
PUO' ESSERE SOLO POSITIVA

$$\lambda_2 = (+) d \sin \theta$$

$$n = 1.27$$

$$\lambda = 112 \text{ nm} = 112 \cdot 10^{-9} \text{ m. Spess. Pellicola}$$

$$L = ?$$



• Posso cercare massima e minima riflessione

MAX RIFLESSIONE

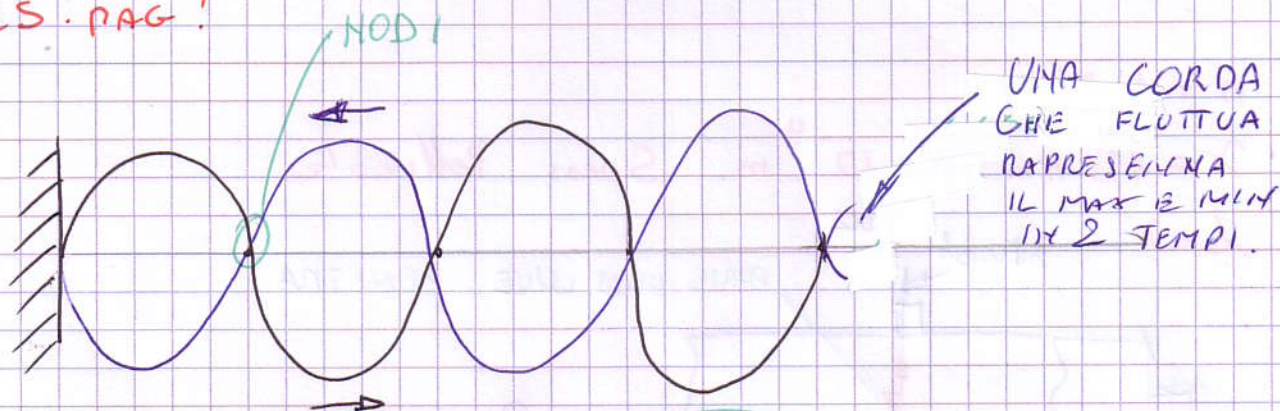
$$\begin{cases} 2T = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_n \\ \lambda_n = \frac{\lambda}{n} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_n = \frac{2T}{m + \frac{1}{2}} \\ \lambda = n \lambda_n \end{cases}$$

Cost. di riflessione

$$\begin{cases} \lambda = \frac{2Tn}{m + \frac{1}{2}} \\ m = 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\lambda = 4Tn}$$

LUNGH. D'ONDA

ES? PAG?



$$y_1 = 35 \sin [8,4 x - 15,7 t] \rightarrow \text{DIREZIONE}$$

$$y_2 = 35 \sin [8,5 x + 15,7 t] \leftarrow \text{DIREZIONE}$$

$$y = y_1 + y_2 = ?$$

$$y = 2A \sin(Kx) \cos(\omega t)$$

Descrive le leggi di propagazione delle onde stazionarie.

2 FORMULE PER TROVARE LA POSIZIONE DEI NODI

$$x_{\text{nodi}} = n \frac{L}{2}$$

$$x_{\text{nodi}} = \left(n + \frac{1}{2} \right) \frac{L}{2}$$

n° dei nodi, o antinodi.

$$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$L = \frac{2\pi}{K}$$