

12. Quina de les següents afirmacions referida a les ones electromagnètiques és certa?

- a) Transporten la mateixa quantitat d'energia elèctrica que d'energia magnètica.
- ~~b) Necessiten d'un medi material per propagar-se.~~
- ~~c) Estan constituïdes per un camp elèctric i un camp magnètic que oscil·len en direccions paral·leles entre sí i paral·leles a la direcció de propagació.~~
- ~~d) Estan constituïdes per un camp elèctric i un camp magnètic que oscil·len en direccions paral·leles entre sí i perpendiculars a la direcció de propagació~~

$$u = u_e + u_m = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2 \mu_0} \frac{E^2}{c^2} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2 \mu_0} E^2 \epsilon_0 \mu_0$$

\uparrow $B = \frac{E}{c}$ \uparrow $c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$

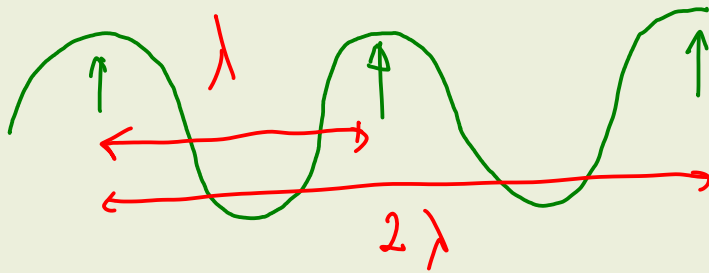
T4) Una ona d'amplitud $A = 0.4 \text{ m}$ i freqüència 1.6 Hz viatja amb velocitat $v = 2 \text{ m/s}$ per una corda. Dos punts propers de la corda separats una distància d arriben a la seva màxima elongació al mateix temps. Quins dels quatre valors següents de d és possible?

a) 4 m

b) 2 m

c) 3 m

d) 5 m



$$v = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2}{1.6} = 1.25 \text{ m}$$

$$2\lambda = 2.5 \text{ m}$$

$$3\lambda = 3.75 \text{ m}$$

$$4\lambda = 5 \text{ m}$$

T5) El forn de microones funciona a una freqüència $f_{\text{micro}} = 2450 \text{ MHz}$. Mentre que és possible veure la part interior del forn quan es cuinen els aliments, la radiació es bloqueja efectivament per la pantalla de metall de la porta. Quina relació hi ha entre el diàmetre ($d = 1 \text{ mm}$) d'un forat de la porta, la longitud d'ona de la radiació de microones λ_{micro} i la longitud d'ona de la llum visible (la freqüència típica de la llum visible es pot aproximar per la freqüència de la llum verda, $f_{\text{vis}} = 5.6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$)?

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

a) $\lambda_{\text{micro}} > d > \lambda_{\text{vis}}$
 c) $d < \lambda_{\text{micro}} < \lambda_{\text{vis}}$

b) $\lambda_{\text{micro}} < d < \lambda_{\text{vis}}$
 d) $\lambda_{\text{micro}} > \lambda_{\text{vis}} > d$

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \quad \left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\text{micro}} = 12 \text{ cm} \rightarrow \text{diàmetre} = 1 \text{ mm} \\ \lambda_{\text{visible}} = 0.53 \mu\text{m} \end{array} \right.$$

T7) L'expressió del camp magnètic corresponent a una ona electromagnètica que es propaga pel buit és $\vec{B}(z,t) = B_0 \sin(kz - \omega t + \pi/4) \hat{i}$ T. Si la intensitat mitjana de l'ona és $I = 3 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$, el vector amplitud del camp elèctric associat és: (recordeu que $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C/(Nm}^2\text{)}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N s}^2/\text{C}^2$).

a) $\vec{E}_0 = -4.07 \cdot 10^{-3} \hat{j} \text{ V/m}$

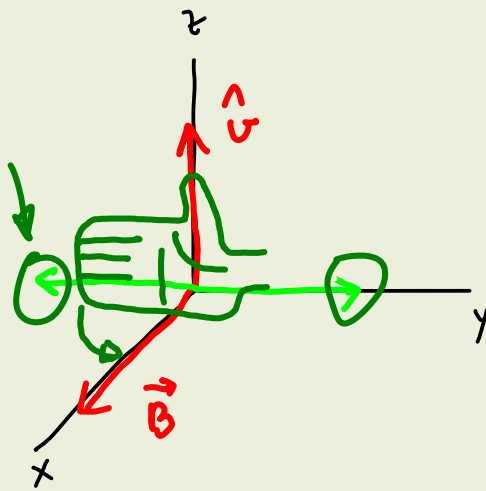
c) $\vec{E}_0 = -0.150 \hat{j} \text{ V/m}$

~~b) $\vec{E}_0 = 0.187 \hat{j} \text{ V/m}$~~

~~d) $\vec{E}_0 = 314.16 \hat{j} \text{ V/m}$~~

Segons l'eix z direcció + de l'eix

\vec{B} oscil·la segons l'eix x



$$I = c \cdot u = c \cdot \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2$$

$$E_0 = \sqrt{\frac{2I}{c \cdot \epsilon_0}} = 0.15 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

T5) Una estació de comunicacions emet ones esfèriques amb una potència mitjana $P = 1 \text{ kW}$. Si en un punt es detecta un camp magnètic amb una amplitud $B_0 = 0.5 \cdot 10^{-9} \text{ T}$, a quina distància de l'estació es troba el punt?

($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

a) 109 m.

b) 1633 m.

c) 8921 m.

d) $3 \cdot 10^8 \text{ m}$.

$$P = I \cdot S = \underbrace{I}_{c \cdot u} \cdot \underbrace{4\pi r^2}_{\uparrow} = c \frac{1}{2} \frac{B_0^2}{\mu_0} 4\pi r^2$$

$$c \cdot u = c \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 = c \frac{1}{2} \frac{B_0^2}{\mu_0}$$

$$P = c \frac{B_0^2}{\mu_0} 2\pi r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{P \mu_0}{c B_0^2 2\pi}} = 1633 \text{ m}$$

15. L'amplitud del camp elèctric d'una ona electromagnètica esfèrica a una distància r_1 d'una emissora és E_{01} . L'amplitud del camp elèctric a una distància r_2 és $E_{02} = E_{01}/2$. Quina relació hi ha entre les dues distàncies?

a) $r_2 = 4 r_1$

b) $r_2 = 2 r_1$

c) $r_2 = r_1/2$

d) $r_2 = r_1/4$

$r_2 > r_1$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

~~$\frac{1 \cdot E_1}{2 \cdot E_1} = \frac{r_1}{r_2}$~~

$$2 r_1 = r_2$$

21 Una bombeta halògena formada per un fil prim de tungstè de 10 cm de longitud radia ones electromagnètiques de 200 W de potència, en la direcció perpendicular al fil. Una superfície cilíndrica totalment absorbent de 5 cm de radi i 10 cm de longitud se situa coaxialment al fil. La intensitat de les ones que arriben a la superfície val:

- a) 6366 W/m²
- b) 366 W/m²
- c) 66 W/m²
- d) 3 W/m²

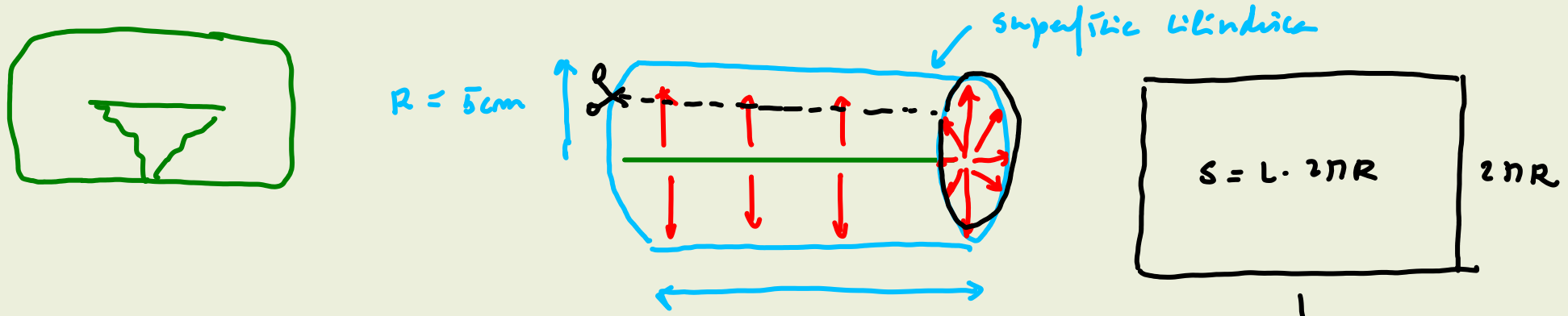


Diagram illustrating the setup: A central filament (green line) emits radiation (red arrows) towards a cylindrical absorbing surface (blue cylinder). The cylinder has radius $R = 5 \text{ cm}$ and length $L = 10 \text{ cm}$. The surface area of the cylinder is given by $S = L \cdot 2\pi R$.

Intensity calculation:

$$\text{Intensitat} = \frac{\text{Potència}}{\text{Superfície}} = \frac{P}{L \cdot 2\pi R} = 6366 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Units: $\frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$

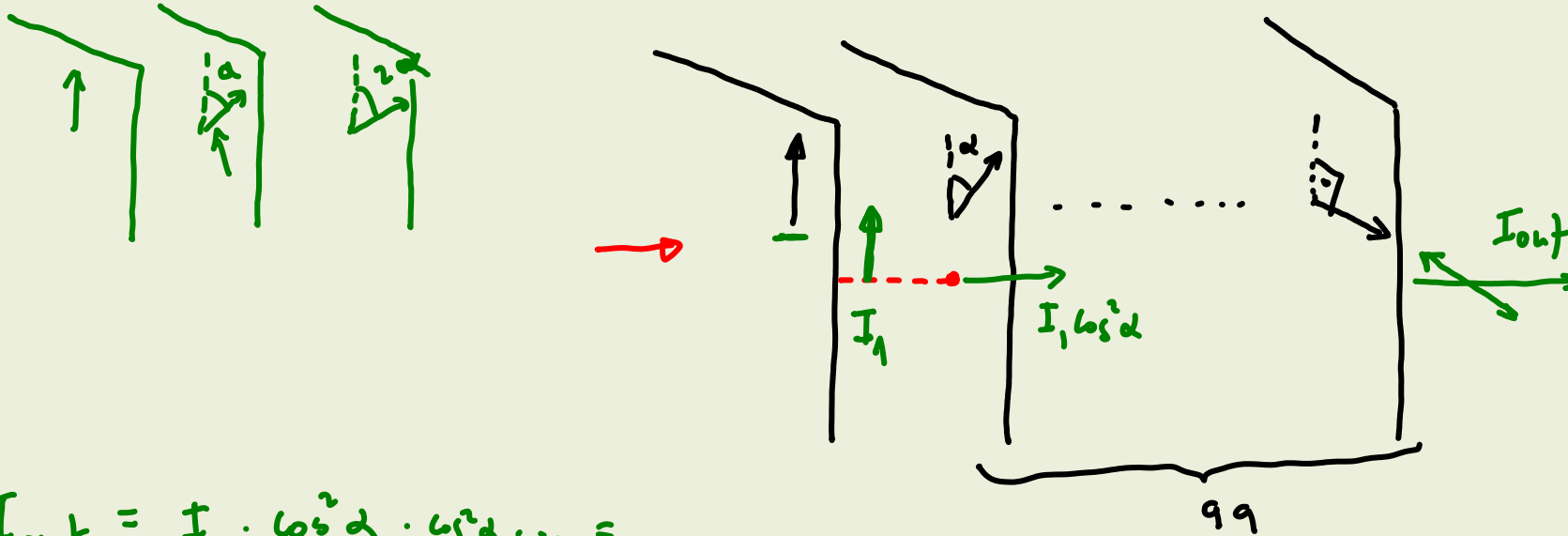
T2) Un feix de llum travessa 100 filtres polaritzadors, disposats de forma que l'angle entre eixos de polarització de filtres consecutius és el mateix. Els eixos del primer i de l'últim polaritzador són perpendiculars. Quina fracció, aproximadament, del nombre de fotons emergents del primer filtre no aconseguirien superar la totalitat del conjunt de filtres?

a) 2.5 %

b) 1.2 %

c) 98.8 %

d) 97.5 %

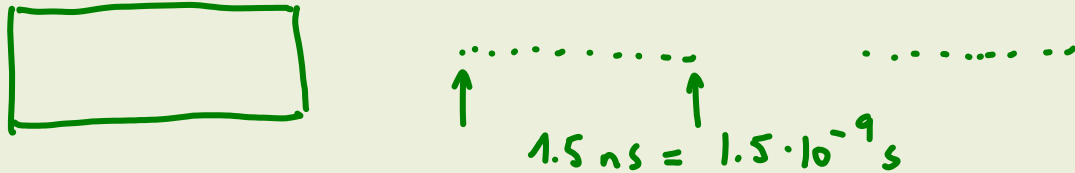


$$I_{out} = I_1 \cdot \cos^2 2 \cdot \cos^2 2 \dots =$$

$$= I_1 [\cos^2 2]^{99} = I_1 \left[\cos^2 \left(\frac{90^\circ}{99} \right) \right]^{99} = I_1 \cdot 0.975 \Rightarrow \text{no passaria } 2.45 \%$$

$$P = \underline{I} \cdot \underline{s} = \underline{n} \cdot \underline{h} \cdot \underline{f}$$

28. Un pols d'un làser de rubí té una potència mitjana de 10 MW i persisteix 1.5 ns. Si la longitud d'ona és 694.3 nm a) Quina és l'energia total del pols? b) Quants fotons s'emeten en un pols?



$$a) \quad P = \frac{U}{\Delta t} \Rightarrow U = P \cdot \Delta t = 10 \cdot 10^6 \cdot 1.5 \cdot 10^{-9} = \underline{0.015 \text{ J}}$$

$$b) \quad N? \quad U = N \cdot E_1 = N \cdot \underset{\uparrow}{h} \cdot \underset{\uparrow}{f} = N h \frac{c}{\lambda}$$

$$N = \frac{U \cdot \lambda}{h \cdot c} = \underline{5.2 \cdot 10^{16} \text{ fotons}}$$

Una ona electromagnètica harmònica, plana linealment polaritzada, de longitud d'ona 2 cm es propaga pel buit en el sentit positiu de l'eix de les Y. El camp elèctric té direcció paral·lela a l'eix de la Z i el seu valor màxim és 2V/m. Determineu:

- La frequència angular, el nombre d'ones i la frequència.
- Les expressions vectorials dels camps elèctric i magnètic, si sabem que a $t=0$ els camps són nuls a l'origen de coordenades.
- El valor mig de la densitat d'energia i de la intensitat de l'ona.
- L'ona incideix sobre un polaritzador posat perpendicular a l'eix Y amb l'eix de polarització formant un angle de 45° amb l'eix Z. Calculeu el nombre de fotons que surt d'una superfície de 5 cm^2 del polaritzador, en un temps total transcorregut de 10 s.

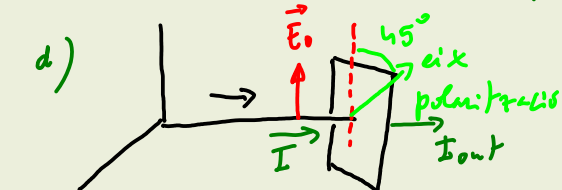
($h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

$$b) \vec{E}(y, t) = E_0 \hat{k} \sin(ky - \omega t + \varphi) = 2 \hat{k} \sin(100\pi y - 3 \cdot 10^{10} \pi t + \varphi) \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{2}{3 \cdot 10^8} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-8} \text{ T}$$

$$\vec{B}(y, t) = \frac{2}{3} 10^{-8} \hat{i} \sin(\quad) \text{ T}$$

$$c) \mu = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 = 17.7 \frac{\text{J}}{\text{m}^3} \Rightarrow \underline{I} = c \cdot \mu = 5.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



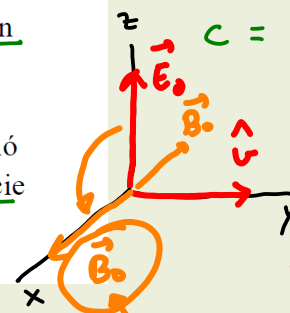
$$I_{out} = I \cdot \cos^2 45^\circ \Rightarrow P = I_{out} \cdot S \Rightarrow \mu = \boxed{P \cdot \Delta t = N \cdot h \cdot f}$$

$$N = \frac{P \cdot \Delta t}{h \cdot f} = \frac{I_{out} \cdot S \cdot \Delta t}{h \cdot f} = \frac{I \cdot \cos^2 45^\circ \cdot S \cdot \Delta t}{h \cdot f} = \underline{\underline{1.3 \cdot 10^{18} \text{ fotons}}}$$

$$a) k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.02} = 100\pi \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$c = \frac{\omega}{k} \rightarrow \omega = c \cdot k = 3 \cdot 10^8 \cdot 100\pi = 3 \cdot 10^{10} \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$$

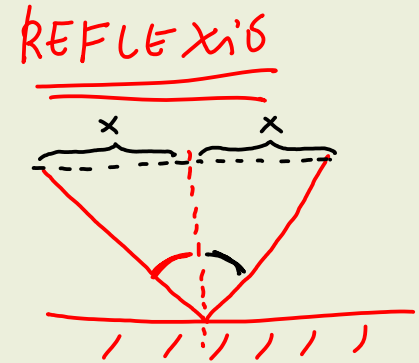
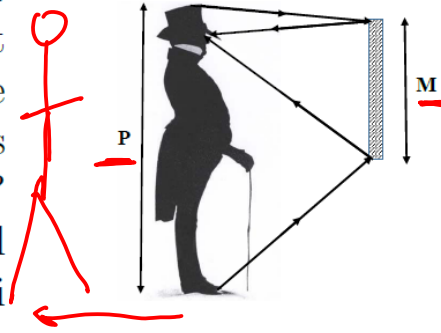


$$\varphi = 0$$

$$\sin \varphi = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 0^\circ = 0 \text{ rad} \\ \varphi = 180^\circ = \pi \text{ rad} \end{array} \right.$$

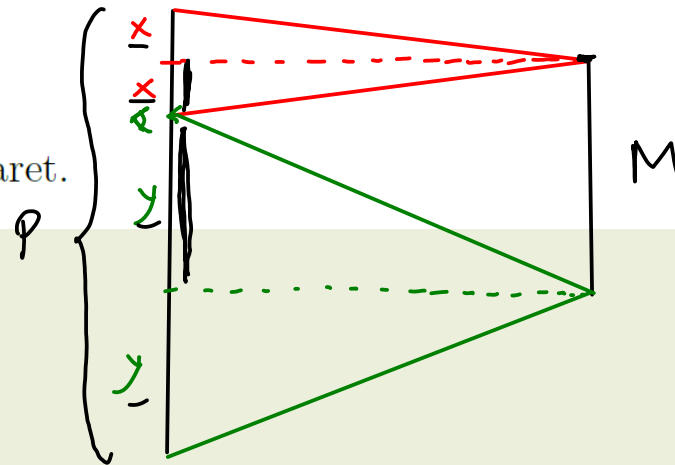
$$\vec{E}(0, 0) = 0 = 2 \hat{k} \sin(100\pi \cdot 0 - 3 \cdot 10^{10} \pi \cdot 0 + \varphi)$$

T6) El senyor Pickwick es mira en un mirall de mida vertical M . El mirall està penjat de forma que el senyor Pickwick tot just arriba a veure els seus peus i l'extrem superior del barret, que està a una alçada P (si fos una mica més alt ja no es veuria els peus i/o el barret sencers). Quina és la relació entre M i P ? (com s'indica a la figura, per tal de veure un punt qualsevol del seu cos, cal que surti un raig de llum d'aquest punt, reboti al mirall, i acabi en el seu ull).



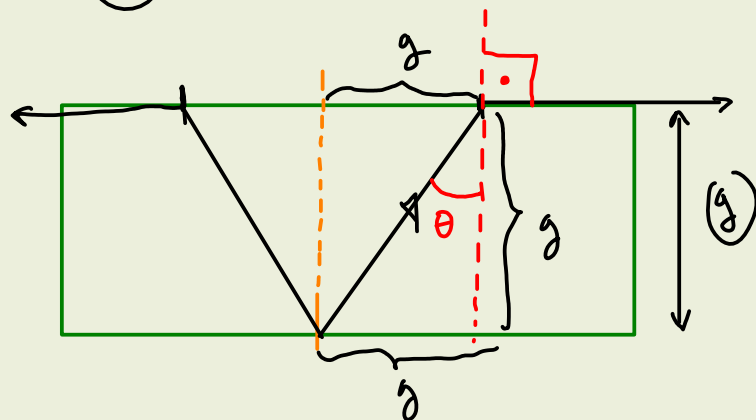
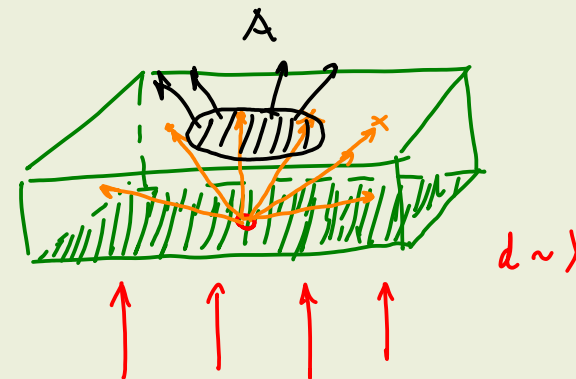
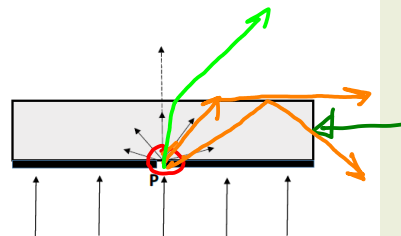
- a) $M = P/\sqrt{3}$
- ☒ b) $M = P/2$
- c) $M = P/\sqrt{2}$
- d) Ens cal la distància del senyor Pickwick a la paret.

$$\left. \begin{array}{l} P = 2x + 2y \\ M = x + y \end{array} \right\} \textcircled{P = 2M}$$



T4) Al dibuix s'indica el muntatge que es fa servir en el mètode de Pfund per mesurar l'índex de refracció. La cara inferior d'una làmina de material es pinta de blanc excepte un forat molt petit P per on es fa passar llum (indicada per les fletxes verticals). Aquesta s'escamparà en totes les direccions dins del material, com s'indica amb el ventall de fletxes que surten de P. Si mirem des de la part superior del material, veurem que els rajos únicament surten d'un cercle de radi r centrat en l'eix dibuixat a traços (perquè?). Quin és l'índex de refracció del material si tant el gruix de la làmina com el radi del cercle valen 1 cm?

- a) 2 **b) 1.41** c) 1.33 d) 1.5



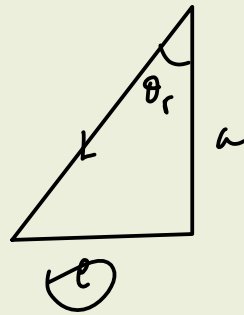
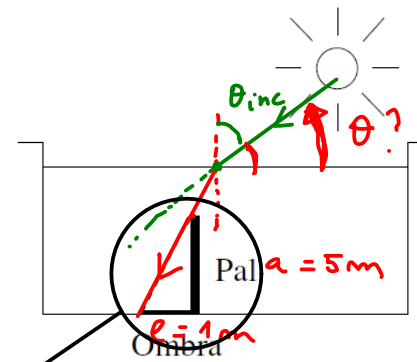
$$n \cdot \sin \theta = 1 \cdot \sin 90^\circ = 1$$

$$n = \frac{1}{\sin \theta} = \sqrt{2} = \underline{\underline{1.41}}$$

$$\sin \theta = \frac{\text{catet}}{\text{hipot.}} = \frac{g}{\sqrt{g^2 + g^2}} = \frac{g}{\sqrt{2}g} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

T8) Al fons d'una piscina de 7 m de profunditat plena d'aigua hi ha un pal vertical de 5 m d'alçada que projecta una ombra de 1 m sobre el terra. L'angle d'elevació del Sol respecte al terra és doncs: (índex de refracció de l'aigua: $n_w = 1.33$)

- a) 75° b) 60° c) 25° d) 45°



$$n_{\text{aigua}} \sin \theta_{\text{inc}} = n_{\text{aire}} \sin \theta_r$$

$$\frac{1.33}{1} \sin \theta_{\text{inc}} = 1 \cdot \sin \theta_r$$

$$\sin \theta_r = \frac{l}{\sqrt{l^2 + a^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 25}} = \frac{1}{\sqrt{26}}$$

$$\sin \theta_{\text{inc}} = \frac{1.33}{\sqrt{26}}$$

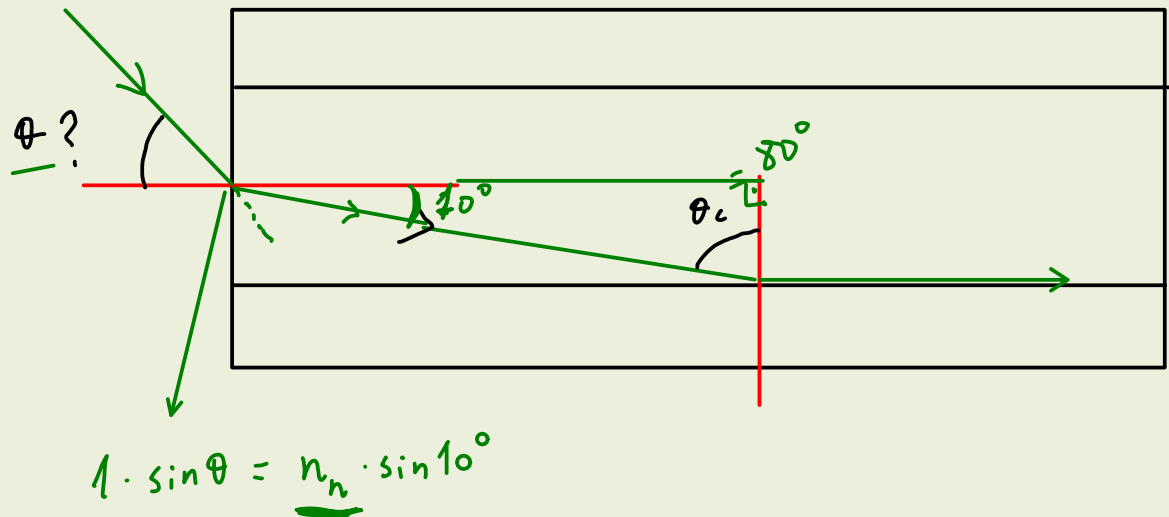
$$\theta_{\text{inc}} = 15.11^\circ$$

$$\theta = 90^\circ - 15.11^\circ \approx \underline{\underline{75^\circ}}$$

T8) La velocitat de la llum en el nucli d'una fibra òptica de plàstic és de $2 \cdot 10^8$ m/s. Si l'angle crític entre la fibra i el seu recobriment és 80° amb quin angle mínim ha d'entrar un feix de llum a la fibra per tal que es transmeti sense pèrdua?

- a) 20.2° . b) 40.5° . c) 6.6° . d) 15.1° .

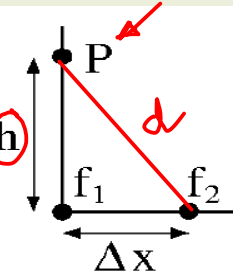
$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow n_n = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = \underline{\underline{1.5}}$$



$$1 \cdot \sin \theta = \underline{n_n} \cdot \sin 10^\circ$$

$$\sin \theta = 1.5 \cdot \sin 10^\circ \rightarrow \theta = 15.09^\circ$$

T5) Dos focus f_1 i f_2 emeten en fase ones d'ultrasó de $f = 40$ kHz de freqüència. Sabent que la velocitat de propagació del so a l'aire és de 340 m/s, la mínima distància Δx que ha de separar els focus de forma que al punt P hi hagi un màxim d'interferència d'intensitat per a una distància $h = 6.0$ cm, és:



a) $\Delta x = 3.3$ cm

b) $\Delta x = 6.5$ cm

c) $\Delta x = 2.0$ cm

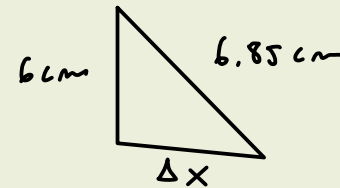
d) $\Delta x = 1.7$ cm

$d - h = n \cdot \lambda$ Condició interferència constructiva si emeten en fase
mínima $\Rightarrow n = 1$

$$d - h = \lambda$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = 0.85 \text{ cm}$$

$$d = h + \lambda = 6 + 0.85 = \underline{6.85 \text{ cm}}$$



$$6^2 + \Delta x^2 = 6.85^2 \Rightarrow \Delta x = \underline{\underline{3.3 \text{ cm}}}$$

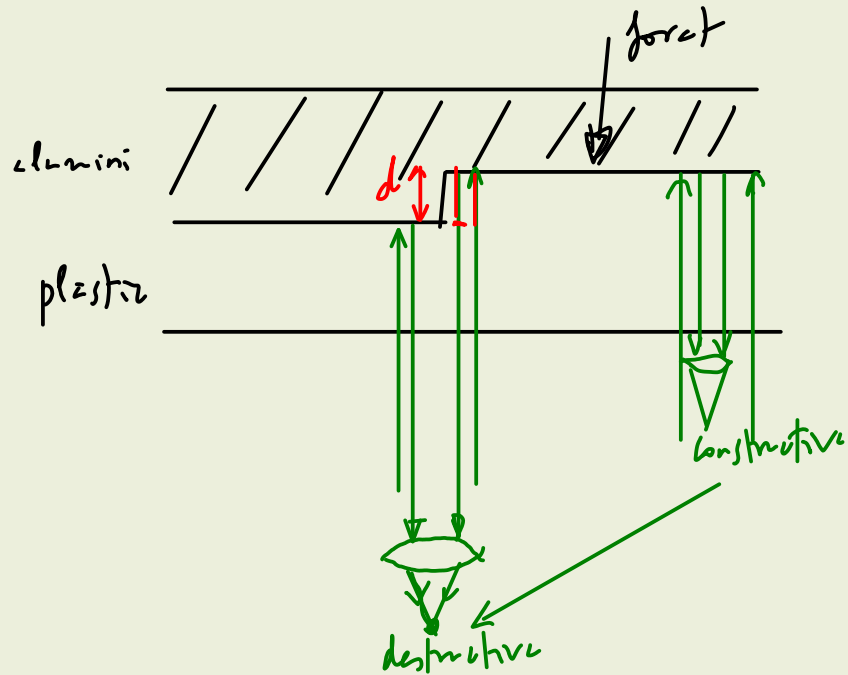
T10) En el procés de lectura d'un DVD s'utilitza un làser de freqüència $f = 4.25 \cdot 10^{14}$ Hz. Si el disc està recobert de policarbonat d'índex de refracció $n = 1.46$, quant val la profunditat d dels esglaons?

a) $d = 0.24 \mu\text{m}$.

b) $d = 0.12 \mu\text{m}$.

c) $d = 0.35 \mu\text{m}$.

d) $d = 0.18 \mu\text{m}$.



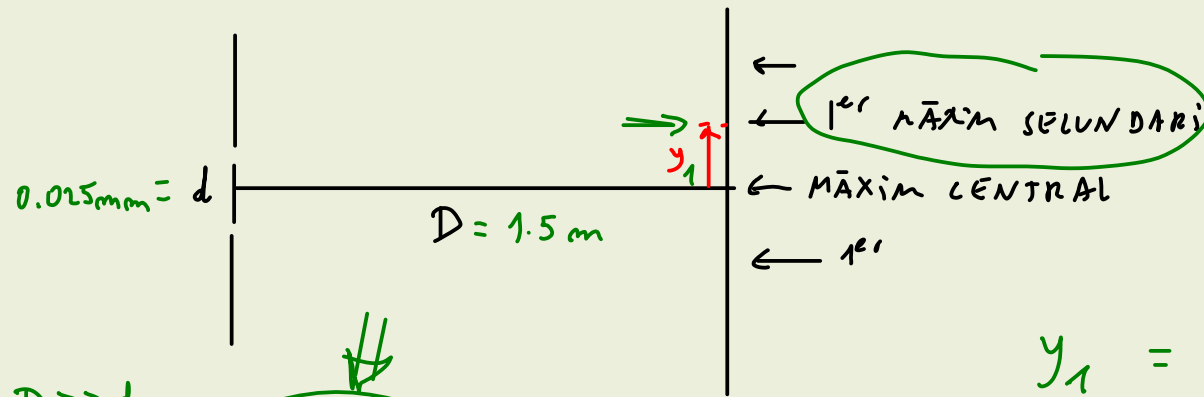
$$2d = \frac{2n+1}{2} \lambda_p = \frac{2n+1}{2} \frac{\lambda}{n} = \frac{2n+1}{2} \frac{c}{n \cdot f}$$

$n=0$

$$d = \frac{c}{4 n f} = 1.2 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0.12 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0.12 \mu\text{m}$$

T10) Una font emet llum de dues longituds d'ona. $\lambda_1 = 430 \text{ nm}$ i $\lambda_2 = 510 \text{ nm}$. La llum emesa passa per una doble escletxa amb les escletxes situades verticalment i separades 0.025 mm . La pantalla vertical on observem la figura d'interferència es troba a 1.5 m de les escletxes. A la dreta del màxim principal apareixen dos primers màxims secundaris, un per cada longitud d'ona. La distància que els separa és aproximadament:

- a) 0.48 cm b) 0.096 m c) 0.048 m d) 0.96 cm



$D \gg d$

$$y_n \approx n \lambda \frac{D}{d} \quad y_1 = \lambda \cdot \frac{D}{d}$$

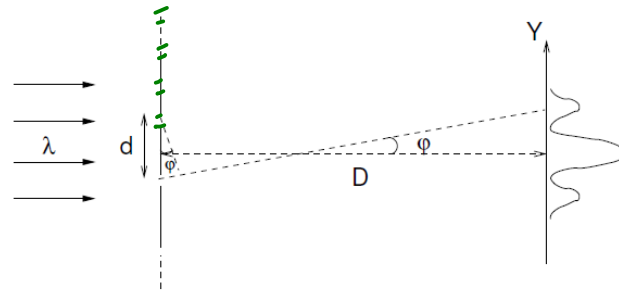
$$y_1 = \lambda_1 \cdot \frac{D}{d}$$

$$y_2 = \lambda_2 \cdot \frac{D}{d}$$

$$y_1 - y_2 = \lambda_1 \frac{D}{d} - \lambda_2 \frac{D}{d} = (\lambda_1 - \lambda_2) \frac{D}{d} = \underline{0.48 \text{ cm}}$$

T9) Fem passar un feix de llum làser verd ($\lambda = 532 \text{ nm}$) a través d'una xarxa de difracció de 500 línies /mm. A una distància de $D = 10 \text{ cm}$ hi ha una pantalla on s'observa un patró d'interferència (vegeu la figura). Assumint que $D \gg d$ (d és la distància entre línies), és a dir que $\sin \varphi \sim \tan \varphi$, quina és la distància entre el màxim central i el primer màxim secundari?

- a) 2.7 cm.
- b) 2.7 m.
- c) 0.26 cm.
- d) 13 cm.



$$\frac{1 \text{ mm}}{500} = d$$

$$y = \lambda \frac{D}{d} = \underline{\underline{2.6 \text{ cm}}}$$

T7) L'experiment de la doble escletxa de Young fa servir un únic feix de llum que es divideix en dues fonts quan la llum travessa les escletxes. És possible obtenir el patró d'interferència utilitzant els dos fars d'un cotxe a gran distància d'aquest?

- a) sí, sempre.
- b) no, perquè l'experiment de la doble escletxa només funciona amb ultrasons.
- c) sí, quan la llum és generada per llums LED.
- d) no, perquè la llum procedent de dues fonts independents no és coherent.