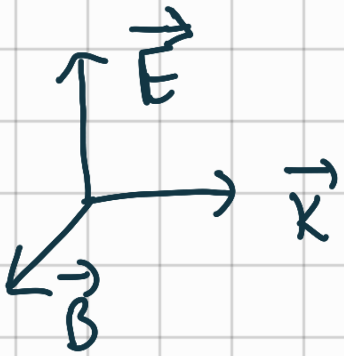
Questão (1)

a)



Temos que:

$$\vec{E} = |\vec{E}|\, \hat{B} \times \hat{K}$$

e:

$$\cancel{\frac{1}{2}}\,\varepsilon_0 E^2 = \frac{\cancel{1}}{\cancel{2}\mu_0} B^2 \; ; \quad E^2 = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0} B^2$$

$$E = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} B \; ; \quad E = c B \; ,$$

e:

$$\vec{E} = c\, |\vec{B}|\, \hat{B} \times \hat{K}$$

$$\vec{E} = c\, \vec{B} \times \hat{K}$$

A onda propaga-se ao longo do "z", no sentido $\hat{z}$, logo $\hat{k} = \hat{z}$, logo:

$$\vec{E} = c\left[B_0 \cos(kz - \omega t)\,\hat{x} + B_0 \,\text{sen}(kz - \omega t)\,\hat{y}\right]$$

$$\times\ \hat{z}$$

$$\boxed{\vec{E} = cB_0\left[-\cos(kz - \omega t)\,\hat{y} + \text{sen}(kz - \omega t)\,\hat{x}\right]}$$

b) $$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\,\vec{E} \times \vec{B}$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\,|\vec{E}|\,|\vec{B}|\,\hat{k}$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\,c\,|\vec{B}|^2\,\hat{k}$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\,c\,|\vec{B}|^2\,\hat{z}$$

Temos que:

$$|\vec{B}|^2 = B_0^2 \cos^2(kz-\omega t) + B_0^2 \,\text{sen}(kz-\omega t)$$

$$|\vec{B}|^2 = B_0^2$$ e:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} c\, B_0^2 \,\hat{z}$$

A intensidade I dessa onda é

$$I = \langle |\vec{S}| \rangle$$

$$I = \frac{1}{\mu_0} c\, B_0^2$$

c) no plano $z = 0$, temos:

$$\vec{E}(0,t) = cB_0\left[-\cos(-\omega t)\hat{y} + \text{sen}(-\omega t)\hat{x}\right]$$

$$\vec{E}(0,t) = cB_0\left[-\cos(\omega t)\hat{y} - \text{sen}(\omega t)\hat{x}\right]$$

Fazendo $E_0 = c\,B_0$

$$\vec{E}(0,t) = -E_0 \left[\operatorname{sen}(\omega t)\hat{x} + \cos(\omega t)\hat{y} \right]$$

$$t = 0 \quad ; \quad \vec{E}(0,0) = -E_0 \hat{y}$$

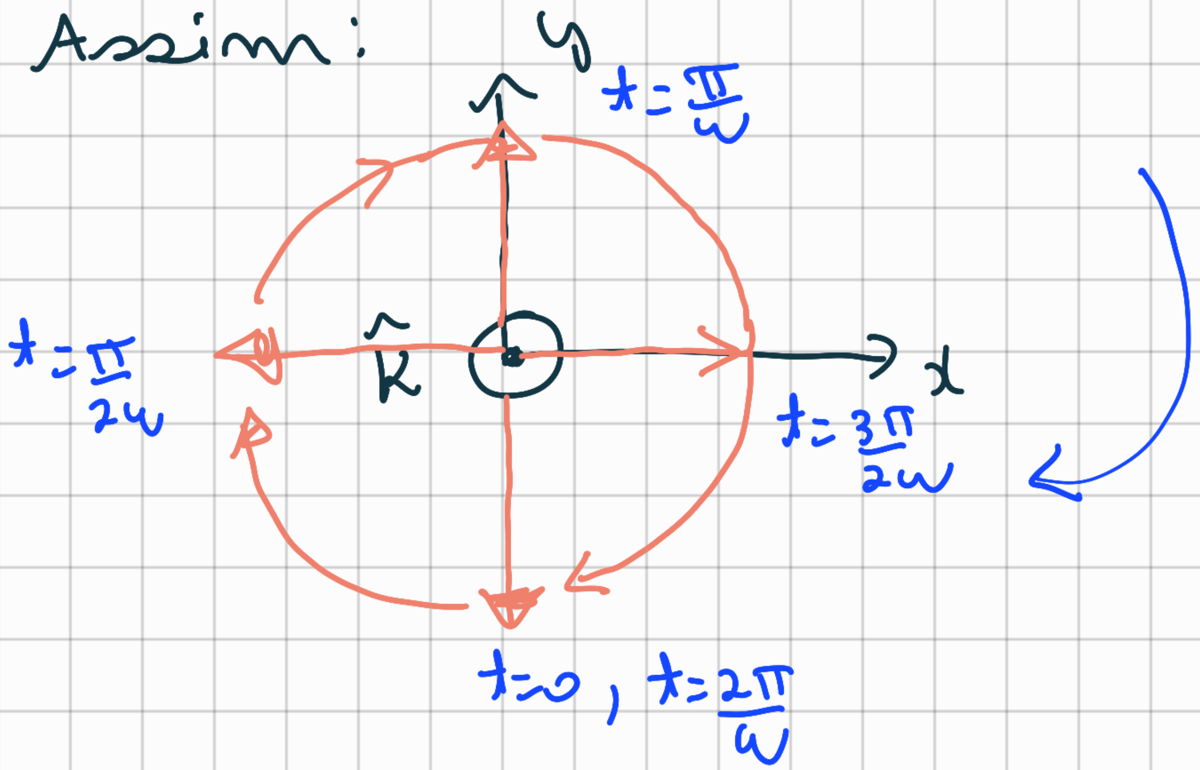
$$t = \frac{\pi}{2\omega} \; ; \quad \vec{E}\left(0, \frac{\pi}{2\omega}\right) = -E_0 \hat{x}$$

$$t = \frac{\pi}{\omega} \; ; \quad \vec{E}\left(0, \frac{\pi}{\omega}\right) = E_0 \hat{y}$$

$$t = \frac{3\pi}{2\omega} \; ; \quad \vec{E}\left(0, \frac{3\pi}{2\omega}\right) = E_0 \hat{x}$$

$$t = \frac{2\pi}{\omega} \; ; \quad \vec{E}\left(0, \frac{2\pi}{\omega}\right) = -E_0 \hat{y}$$

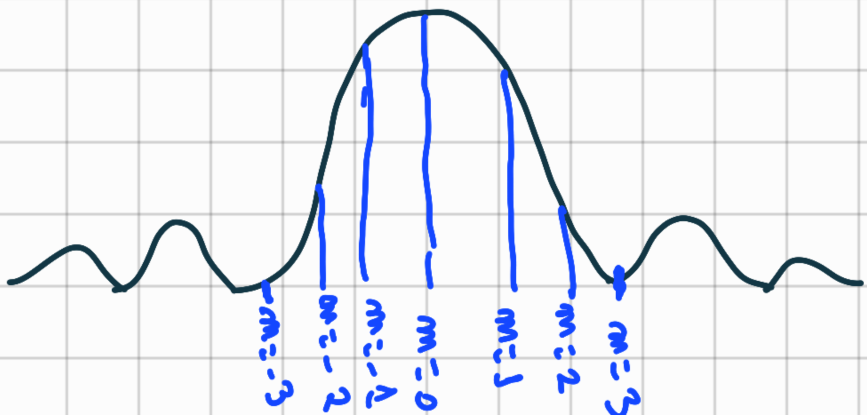
Assim:



A polarização da onda é circular, pois $|\vec{E}|$ é constante, e à direita, pois $\vec{E}$ gira no sentido dos ponteiros do relógio, quando olhamos para a onda vindo em nossa direção.

Questão 2

a) Para que o máximo central contenha 5 franjas



máximos de interferência:

$$d \operatorname{sen}\theta = m\lambda \; ; \; m = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$$

mínimos de difração:

$$a \operatorname{sen}\theta = n\lambda \; ; \; n = \{\pm 1, \pm 2, \dots\}$$

p/ cinco franjas no máximo central devemos ter $m = 3$ e $n = 1$, assim:

$$\begin{cases} a \operatorname{sen}\theta = \lambda \\ d \operatorname{sen}\theta = 3\lambda \end{cases}$$

$$\frac{d}{a} = 3$$

b) O número de franjas no primeiro máximo de difração à direita é dado pelo número de máximos entre $n=1$ e $n=2$.

$$a \operatorname{sen}\theta = 2\lambda$$

$$d \operatorname{sen}\theta = M\lambda$$

$$\frac{d}{a} = \frac{M}{2} \quad ; \quad 3 = \frac{M}{2}$$

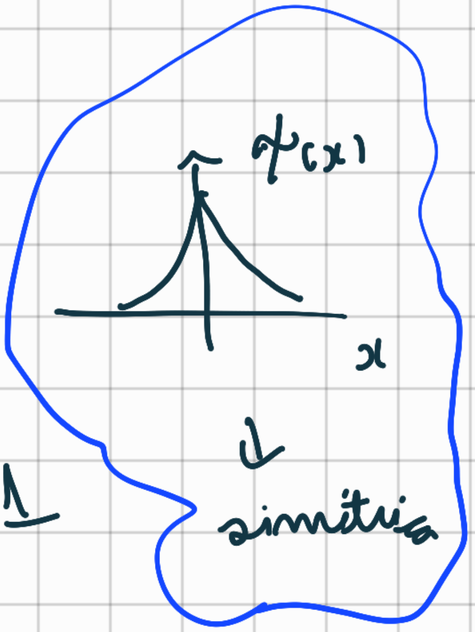
$M = 6$ é a ordem do máximo de interferência que cai sobre o segundo mínimo de difração.

$m = 3$ é a ordem do máximo de interferência que cai no primeiro mínimo de difração.

Entre os dois há os máximos de interferência de ordens 4 e 5, ou seja: **2 franjas**

Questão 3

a) Temos que:



$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 \, dx = 1$$

$$2\int_{0}^{+\infty} A^2 e^{-4x} \, dx = 1$$

$$2A^2 \int_{0}^{\infty} e^{-4x} \, dx = 1$$

$$2A^2 \left(-\frac{1}{4} e^{-4x}\right)\Big|_{0}^{\infty} = 1$$

$$2A^2 \left[-\left(-\frac{1}{4}\right)\right] = 1$$

$$A^2 = 2 \quad ; \quad \boxed{A = \sqrt{2}}$$

b) $$P_b = \int_0^2 |\psi(x)|^2 \, dx$$

$$P_b = \int_0^2 2 \, e^{-4x} \, dx$$

$$P_b = 2 \int_0^L e^{-4x} \, dx$$

$$P_b = 2 \left(-\frac{1}{4} e^{-4x} \right)_0^L$$

$$\boxed{P_b = \frac{1}{2} \left[1 - e^{-4L} \right]}$$

c) $P_c = \frac{1}{2}$, pois

a distribuição é simétrica

em torno de $x = 0$. De

outro modo, fazendo $L \to \infty$

na expressão p/ P_b,
encontramos o mesmo
resultado.

Questão 4

Temos que:

$$E = K + m_0 c^2$$

$$E = m_0 c^2 + m_0 c^2$$

$$E = 2 m_0 c^2$$

E:

$$E = \gamma \cancel{m_0 c^2} = 2 \cancel{m_0 c^2},$$

assim:

$$\gamma = 2$$

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2 \; ; \; \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 4$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4} \; ; \; \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{4}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4} \; ; \; \boxed{\frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

Questão 5

Temos que, no referencial em que a água encontra-se em repouso:

$$v_x' = \frac{c}{n}$$

No referencial do laboratório o tanque de água se move com velocidade V. Qual é a velocidade v_x?

$$x = \gamma(x' + v t')$$

$$t = \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2} x'\right)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\gamma(dx' + v\, dt')}{\gamma\left(dt' + \frac{v}{c^2} dx'\right)}$$

$$v_x = \frac{v_x' + v}{1 + \frac{v}{c^2} v_x'}$$

$$v_x = \frac{\left(\frac{c}{n} + v\right)}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{c}{n}}$$

$$v_x = \left(\frac{c}{n} + v\right) \frac{1}{1 + \frac{v}{nc}}$$

$$v_x \cong \left(\frac{c}{n} + v\right)\left(1 - \frac{v}{nc}\right)$$

$$v_x \cong \frac{c}{n} + v - \frac{v}{n^2} \cancel{- \frac{v^2}{nc}}$$

$$v_x = \frac{c}{n} + \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) v$$

Assim:

$$K = 1 - \frac{1}{n^2}$$

$$K = 1 - \frac{1}{(4/3)^2}$$

$$K = 1 - \frac{9}{16} \; ; \; K = \frac{16-9}{16} \; ; \; K = \frac{7}{16}$$

$$K = \frac{7}{16} \cong 0,44$$