$\rho = 0, \vec{J} = 0$

2) $\nabla \times (\nabla \times \vec{B}) = \nabla \times (\mu_0 \vec{J} + \varepsilon_0 \mu_0 \, d\vec{E}/dt)$

$\nabla(\nabla \cdot \vec{B}) - \nabla^2 \vec{B} = \nabla \times (\varepsilon_0 \mu_0 \, d\vec{E}/dt)$

$-\nabla^2 \vec{B} = -\varepsilon_0 \mu_0 \cdot d/dt \, (\nabla \times \vec{E})$

$>> \quad \nabla^2 \vec{B} = \varepsilon_0 \mu_0 \dfrac{dB}{dt} \quad <<$

3) $\vec{E} = \underbrace{2 \times 10^{9}}_{\vec{E_0}} \, sen(\pi(1 \times 10^{12} x - 3 \times 10^{20} t)) \hat{j}$

a) Dirección de propagación $\boxed{\text{en } x}$ *K define la dirección*

b) longitud de onda c) frecuencia d) velocidad de propagación

e) $\vec{v}$ de campo magnético

$\omega \vec{B} = \vec{K} \times \vec{E}$ $\qquad K = 2\pi/\lambda \quad \omega = 2\pi\nu \quad \omega = k \, v_{onda}$

$\vec{E} = \vec{E_0} \, sen(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$ $\qquad \omega = k \cdot 3 \times 10^8$

$\lambda = \dfrac{2\pi}{K} = \dfrac{2\pi}{\pi \times 10^{12}} = \boxed{2 \times 10^{-12}}$ $\qquad 3\pi \times 10^{20} = k \cdot 3 \times 10^8$

$k = \pi \times 10^{12} \hat{j}$

$\nu = \omega / 2\pi = 3\pi \times 10^{20} / 2\pi = \boxed{3/2 \times 10^{20}}$ $\qquad \boxed{3 \times 10^8 \, m/s}$

$\vec{B} = \dfrac{\vec{K} \times \vec{E}}{\omega} = \dfrac{\pi \times 10^{12} \times \vec{E}}{3\pi \times 10^{20}} = \boxed{\dfrac{(\pi \cdot 10^{12} \hat{i}) \times \vec{E}}{3\pi \times 10^{20}}}$

está al revés, así $v_{onda} = v$ de la luz

4) $\vec{E} = 3 \times 10^4 \, sen(\pi(6 \times 10^{17} z - 2 \times 10^{9} t)) \hat{j}$

$K = 6\pi \times 10^{17} \hat{j}$ $\quad$ dirección $\boxed{\text{en } z}$

$\lambda = \dfrac{2\pi}{K} = \boxed{\dfrac{1}{3} \times 10^{-17}}$ $\qquad \omega = K \cdot v_{onda}$

$2\pi \times 10^9 = 6\pi \times 10^{17} \cdot v \Rightarrow v_{onda} = \boxed{1/3 \times 10^{-8} \, m/s}$

$\boxed{\vec{B} = \dfrac{(6\pi \times 10^{17} \hat{j}) \times \vec{E}}{2\pi \times 10^9}}$ $\qquad \boxed{v_{onda} = 3 \times 10^8 \, m/s}$

5) $\vec{E_0} = 240 \, V/m$ en dirección z (oscila), se propaga en x

$\omega = 2\pi \times 10^{12} \, rad/s$

$\nu = \dfrac{2\pi \times 10^{12}}{2\pi} = \boxed{1 \times 10^{12} \, Hz}$ $\qquad T = \dfrac{1}{\nu} = \dfrac{1}{1 \times 10^{12}} = \boxed{1 \times 10^{-12} \, s}$

$\lambda = \dfrac{2\pi}{K}$ $\qquad K = \dfrac{\omega}{v} = \dfrac{2\pi \times 10^{12}}{3 \times 10^8} = \dfrac{2\pi}{3} \times 10^4$ $\qquad \vec{E} = 240 \, sen(kx - 2\pi \times 10^{12} t) \hat{k}$

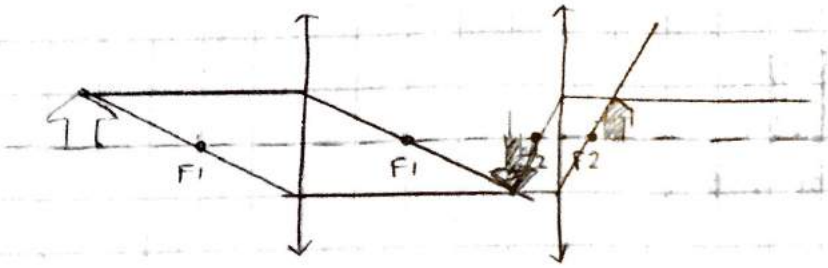
$c = \lambda \nu$

$\lambda = \dfrac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{12}} = \boxed{3 \times 10^{-4}}$ $\qquad \vec{B} = \dfrac{(2\pi/3 \cdot 10^4) \hat{i} \times \vec{E}}{2\pi \times 10^{12}} = \dfrac{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{2\pi}{3} \times 10^4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \vec{E} \end{vmatrix}}{2\pi \times 10^{12}} = \dfrac{-\frac{2\pi}{3} \times 10^4 (E) \hat{j}}{2\pi \times 10^{12}}$

se mueve en y

demostración ondas transversales, teoremas integrales
experimento de young

$F_1 = 20cm$, $F_2 = 5cm$



$P_1 = 40cm \quad q_1 = \frac{PF}{P-F} = \frac{40cm(20cm)}{40-20cm} = \frac{800}{20} = \boxed{40cm}$

$M_1 = -\frac{q}{p} = \frac{-40cm}{40cm} = \boxed{-1}$

$P_2 = 10cm \quad q_2 = \frac{10cm(5cm)}{10-5cm} = \frac{50cm}{5cm} = \boxed{10cm}$

$M_2 = -\frac{q}{p} = -\frac{10cm}{10} = \boxed{-1} \qquad \boxed{M_t = 1}$

8 / Feb / 16

Superposición de ondas

$E_r(x,t) = E_1 + E_2$

$E_1 = E_o \, sen(kx - wt)$

$E_2 = E_o \, sen(kx - wt + \phi)$ ondas desfasadas.

Superposición constructiva $(n\lambda)$ o destructiva $(2n-1)(\lambda/2)$

$E_r(x,t) = E_o(sen(kx - wt) + sen(kx - wt + \phi))$

$senA + senB = 2\cos\left(\frac{A-B}{2}\right) sen\left(\frac{A+B}{2}\right)$ identidad

$\therefore E_r(x,t) = 2E_o \cos(\Phi/2)\, sen(kx - wt + \Phi/2)$

$E_r(x,t) = E(\Phi)$ campo $\vec{E}$ que depende de Φ.

$E_r(x,t) = E(\Phi)\underbrace{sen(kx - wt + \Phi/2)}_{\text{onda viajera.}}$

$\downarrow$ amplitud modulada por Φ

• Constructiva •

$E(\Phi) = 2E_o\cos(\Phi/2) = 2E_o \Rightarrow \cos(\Phi/2) = \pm 1 \Rightarrow \Phi/2 = n\pi$ → pares

» $\Phi = 2n\pi$ «

• Destructivo •

$E(\Phi) = 2E_o\cos(\Phi/2) = 0 \Rightarrow \cos(\Phi/2) = 0 \Rightarrow \Phi/2 = (2n-1)\pi/2$ → impares

» $\Phi = (2n-1)\pi$ «

CREACIÓN & ANIQUILACIÓN DE PARES.

4/04/2016

* CREACIÓN

- P.A.M. Dirac (materia y antimateria). Teórico.
- C.D. Anderson: experimento, al vació en cámara de niebla,

1932

campo magnético variable ($F = evB = mv^2/R$, $R = mv/eB$).

$q = mv/BR$ carga de las partículas, proceso más energético.

$h\gamma + M_0c^2 = (M_0c^2 + K_N) + (m_0c^2 + K-) + (m_0c^2 + K+)$

>> $h\gamma_{mín} = 2m_0c^2$ (energía mínima) <<

$h\gamma_{mín} = 2(0.511 \text{ MeV})$ para electrón-positrón.

$h\gamma_{mín} = 1.022 \text{ MeV}$ para formar sólo un par.

* ANIQUILACIÓN

$(m_0c^2 + K-) + (m_0c^2 + K+) = h\gamma$ ~ REM. energía.

$P_{e-} - P_{e+} = \frac{h}{\lambda -} - \frac{h}{\lambda +}$ momento lineal → es cero, mantiene

> NATURALEZA ONDULATORIA DE LA MATERIA

7/04/2016

Louis Victor De Broglie (1924)

$p = h/\lambda$: Fotón → $\lambda = h/p$

$\lambda_{DB} = h/p = h/\gamma m_0 v$

Difracción de electrones

Aplicaciones: microscopía electrónica, difracción de neutrones y e^-

> Consecuencias

Principio de incertidumbre de Heinsenberg.

$\Delta x \Delta P \sim h \rightarrow \Delta x \Delta P \geq \hbar/2$

$\Delta E \Delta t$, $\Delta K \Delta \omega$

1. Pelota de beisbol, $m_0 = 200g$, $v = 100 Km/h$ $m_0 = 0.2kg$, $v = 27.7 m/s$

$\lambda_{DB} = h/p = (6.62\times10^{-34} J \cdot s)/(0.2Kg)(27.7 m/s) = 1.19\times10^{-34} m$

λ muy pequeña ∴ es irrelevante

2. Electrón, $m_0 = 9.11\times10^{-31} Kg$, $v = 0.95c$, $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$

$$\lambda_{DB} = \frac{6.62\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}(0.95c)(3.2)} = 7.96\times10^{-13} m$$

CASO ⊖

» $\psi'' - k^2\psi = 0$ « Propuesta Ansatz (Sakurai).

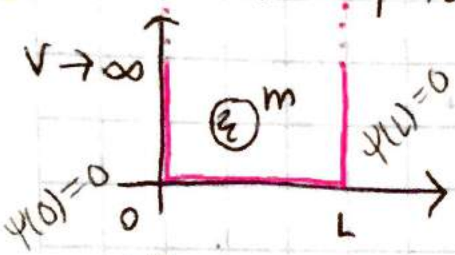
$\lambda^2 - k^2 = 0$

$\lambda = \pm k$

» $\psi(x) = Ae^{kx} + Be^{-kx}$ « fenómenos decadentes.

⇒ PROBLEMA DE PROBLEMAS.

① Pozo infinito de potencial.



I) obtener la EDO

II) $\psi_n(x) = ?$

III) Niveles de energía, E_n.

IV) $\langle x\rangle, \langle E\rangle$

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\psi'' + V\psi = E\psi \quad \text{En el interior de la caja } V=0$$

I) $\psi'' + k^2\psi = 0 \quad \{k^2 = 2mE/\hbar^2\}$

II) $\psi(x) = Ae^{ikx} + Be^{-ikx}$

$\psi(0) = A + B = 0 \implies A = -B$ primera cond. de frontera

$\psi(x) = A(e^{ikx} - e^{-ikx})$

$\psi(x) = 2iA\,\text{sen}(kx)$ ondas estacionarias.

$\psi(L) = 2iA\,\text{sen}(kL) = 0$ 2da. cond. de frontera, $A \neq 0$

$\text{sen}(kL) = 0 \implies k_nL = n\pi \implies k_n = n\pi/L$

$k^2 = 2mE_n/\hbar^2 = n^2\pi^2/L^2$

III) $E_n = \dfrac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2} = n^2E_1$. para $10^{-10} \sim 10^{-12}m$

» $\psi_n(x) = 2iA\,\text{sen}(n\pi x/L)$ «

De Broglie:

$n\lambda = 2L$

$n(h/p) = 2L$ pero $E = p^2/2m + \cancel{V}^{0}$ » «

$n^2h^2 = 4L^2p^2 \implies n^2h^2 = 4L^2(2mE_n)$

$$E_n = \frac{n^2h^2}{8mL^2} \quad \{h = \hbar 2\pi\} \quad E_n = \frac{n^2\hbar^2(4\pi^2)}{8mL^2} = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2} \quad E_n = n^2E_1$$

* La cte. A

$$\int_0^L \psi^*\psi\,dx = 1 \quad \psi^* = -2iA^*\,\text{sen}(n\pi x/L) \quad |A| = \sqrt{\frac{1}{2L}}$$