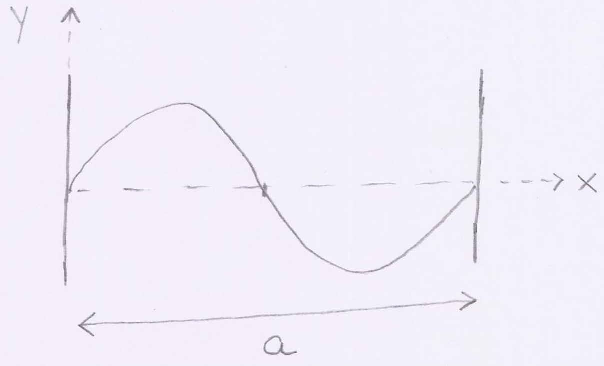
Es razonable pensar en una onda estacionaria como un oscilador armónico simple en 1-D

Para una onda estacionaria a lo largo del eje x



Sears - Zemansky pag. 1112, ec. (32.34) $\Rightarrow$

$$E_y(x,t) = -2E_{max}\,\mathrm{Sen}(kx)\,\mathrm{Sen}(\omega t) \quad (1)$$

$$B_z(x,t) = -2B_{max}\,\mathrm{Cos}(kx)\,\mathrm{Cos}(\omega t) \quad (2)$$

La densidad de energía está dada por

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0}B^2$$

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0\left(-2E_{max}\,\mathrm{Sen}(kx)\,\mathrm{Sen}(\omega t)\right)^2 + \frac{1}{2\mu_0}\left(2B_{max}\,\mathrm{Cos}(kx)\,\mathrm{Cos}\,\omega t\right)^2$$

La Energía total es $E = \int_0^a\int_0^a\int_0^a u\,dx\,dy\,dz$

$$\int_0^a\int_0^a\int_0^a \mathrm{Sen}^2(kx)\,dx\,dy\,dz = ?$$

$$k = \frac{n\pi}{a} \quad ; \quad \begin{cases}\mathrm{Cos}^2\alpha + \mathrm{Sen}^2\alpha = 1\\ \mathrm{Cos}^2\alpha - \mathrm{Sen}^2\alpha = \mathrm{Cos}\,2\alpha\end{cases}$$

$$\mathrm{Sen}^2\alpha = \frac{1-\mathrm{Cos}(2\alpha)}{2}$$

$$\int_0^a \mathrm{Sen}^2(kx)\,dx\int_0^a dy\int_0^a dz = a^2\int_0^a \frac{1-\mathrm{Cos}\left(2\frac{n\pi}{a}x\right)}{2}\,dx = \frac{a^3}{2}$$

$$E = \int_0^a\int_0^a\int_0^a u \, dx\,dy\,dz = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \, 4 E_{max}^2 \left(\frac{a^3}{2}\right) \text{Sen}^2(\omega t)$$

$$+ \frac{1}{2\mu_0} \, 4 B_{max}^2 \left(\frac{a^3}{2}\right) \text{Cos}^2(\omega t)$$

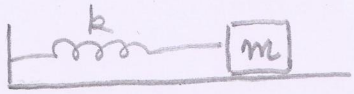
$$B_{max} = \frac{E_{max}}{c} = \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}\, E_{max}$$

$$\Rightarrow \quad E = \varepsilon_0 E_{max}^2 a^3 = \varepsilon_0 E_{max}^2 V \qquad V = a^3$$

La energía oscila sinusoidalmente entre eléctrica y magnética en función del tiempo.

La energía total es constante.

Esto se parece a lo que ocurre con un oscilador armónico simple en 1-D ;



$$x = A\ \text{Sen}(\omega t) \qquad \omega = \sqrt{k/m}$$
$$v = \omega A\ \text{Cos}(\omega t)$$

$$E = K + U = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$$

$$K = \frac{1}{2} m \left(\omega A \cos(\omega t)\right)^2$$

$$U = \frac{1}{2} k \left(A \operatorname{Sen}(\omega t)\right)^2$$

$$K = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t)$$

$$U = \frac{1}{2} \omega^2 m A^2 \operatorname{Sen}^2(\omega t)$$

$$K + U = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

✓ Es razonable entonces pensar que cada onda electromagnética estacionaria dentro de la cavidad de un cuerpo negro puede asociarse a un oscilador armónico simple en 1 dimensi

✓ Según la teoría clásica la energía promedio de un oscilador armónico simple (1D) en un sistema en equilibrio donde existen muchos osciladores del mismo tipo es kT, donde T es la temperatura del sistema (Cuerpo Negro).