

ESERCIZIO 1

a) Nel punto $\vec{r}_p$

$$\vec{E}_p = 0$$

~~$$\vec{E}_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$~~

$$\vec{E}_{\bar{p}} = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d^2} \hat{d}$$

$$\text{con } \vec{d} = \vec{r}_p - \vec{r}_{\bar{p}} = (6.0, -9.0, 14) \times 10^{-14} \text{ m}$$

$$\text{e } d = |\vec{d}| = 17.7 \times 10^{-14} \text{ m}$$

$$|\vec{E}_{\bar{p}}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d^2} \approx 4.6 \times 10^{16} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

b) Chiamo questa energia "energia di interazione"

$$U_{\text{int}} = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{d} \approx -1.3 \times 10^{-15} \text{ J}$$

c) $|\vec{F}| = \frac{\partial U_{\text{int}}}{\partial d} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{d^2}$ orientata in verso attrattivo

$$\approx 7.4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

d) L'energia del sistema si divide in due parti. Una è l'energia di interazione tra le due particelle, che abbiamo già calcolato sopra. L'altra, che non può essere sfruttata per fare lavoro, è quella contenuta nei campi elettrici generati dalle due particelle

$$U_{\text{TOT}} = U_p + U_{\bar{p}} + U_{\text{int}}$$

$$\text{con } U_p = U_{\bar{p}}$$

Calcolo U_p



$$dU_p = V(r) \rho 4\pi r^2 dr$$

$$\text{con } \rho = \frac{q}{(\frac{4}{3}\pi R_p^3)}$$

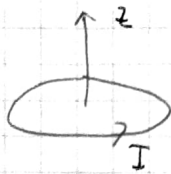
$$V(r) = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\rho r^2}{3\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow dU_p = \frac{4\pi}{3} \frac{\rho^2}{\epsilon_0} r^4 dr$$

$$U_p = \frac{4\pi}{3} \frac{\rho^2}{\epsilon_0} \int_0^{R_p} r^4 dr = \frac{4}{3} \pi \frac{\rho^2}{\epsilon_0} \frac{R_p^5}{5} = \frac{3}{5} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{R_p} \approx 1.4 \times 10^{-13} \text{ J}$$

ESERCIZIO 2

a)



Campo sull'asse: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\vec{\mu}}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$

con $\vec{\mu} = I \pi R^2 \hat{z}$

$|\vec{\mu}| = 0.09 \text{ A m}^2$

In $z=0$: $|\vec{B}(z=0)| \approx 8.2 \mu\text{T}$

b) $U_m = -\vec{m} \cdot \vec{B}$

$= -\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{|\vec{\mu}| |\vec{m}|}{(z^2 + R^2)^{3/2}} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I \pi R^2 |\vec{m}|}{(\frac{13}{4})^{3/2} R^3} \approx -1.5 \times 10^{-11} \text{ J}$

c) Nel primo caso $\vec{m}_B = 0$ ($\vec{m} \parallel \vec{\mu}$)

nel secondo caso ($\vec{m} \perp \vec{\mu}$)

$\vec{m}_B = m B \hat{x} \approx (1.5 \times 10^{-11} \text{ N m}) \hat{x}$

ESERCIZIO 3

a) $B_0 = E_0/c \approx 3.3 \times 10^{-8} \text{ T}$

b) Il campo elettrico di un'onda piana che si propaga lungo x , polarizzata linearmente lungo y , si scrive come

$\vec{E} = E_0 \hat{y} \cos(kx - \omega t + \phi)$ con $\omega = 2\pi\nu \approx 6.28 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$

$k = \frac{\omega}{c} \approx 2.09 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$

Sappiamo che in x_1 , al tempo t_1 ,

$|\vec{E}(x=x_1, t=t_1)| = E_0 \Rightarrow \cos(kx_1 - \omega t_1 + \phi) = 1$

$\Rightarrow \phi = \omega t_1 - kx_1 + 2m\pi$

$\phi \approx 1.5\pi \approx 4.6$

I campi ~~oscillano~~ sono

$\vec{E} = E_0 \hat{y} \cos(kx - \omega t + \phi)$

$\vec{B} = B_0 \hat{z} \cos(kx - \omega t + \phi)$

c) $\langle I \rangle = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_0^2 \approx 1.3 \times 10^{-1} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$