

Elettromagnetismo, ottica ondulatoria ed elementi di fisica moderna

Si risolvano i seguenti quesiti, motivando sempre in maniera esauriente la risposta e specificando, ove necessario, le unità di misura delle quantità coinvolte

1. Su un cavo sottile rettilineo molto lungo è presente una densità lineare di carica negativa $\lambda = -3.60 \text{ nC/m}$. Il cavo viene circondato da una distribuzione di carica positiva uniforme cilindrica avente raggio $R = 1.50 \text{ cm}$, coassiale con il cavo. Si indichi con ρ la densità volumetrica della distribuzione cilindrica uniforme di carica.
 - a) Determinare la direzione ed il verso del campo elettrico prodotto dal cavo alla distanza $r > R$ dallo stesso.
 - b) Usando il teorema di Gauss, determinare l'espressione del modulo del campo elettrico prodotto dal cavo alla distanza $r > R$ dallo stesso.
 - c) Determinare la direzione ed il verso del campo elettrico prodotto dalla distribuzione cilindrica in un punto alla distanza $r > R$ dal cavo.
 - d) Usando il teorema di Gauss, determinare l'espressione del modulo del campo elettrico prodotto dalla distribuzione cilindrica alla distanza $r > R$ dal cavo.
 - e) Determinare il valore di ρ affinché il campo elettrico complessivo in un generico punto alla distanza $r > R$ dal cavo sia nullo.

2. La figura 1 mostra il modello semplificato di un generatore di tensione alternata, basato su una spira di area S immersa in un campo magnetico uniforme di modulo B e posta in rotazione ad una velocità angolare costante ω . La spira ha una resistenza R . Determinare:
 - a) L'espressione della forza elettromotrice $V(t)$ misurata ai capi della spira in funzione del tempo.
 - b) L'espressione della potenza istantanea $P(t)$ dissipata sulla spira.
 - c) Il valore medio $\langle P(t) \rangle$ della potenza dissipata sulla spira in un periodo di rotazione.A partire dal risultato precedente, spiegare infine che cosa si intende per corrente e tensione efficaci.

3. La radiazione solare che colpisce la Terra ha una intensità (media) $I = 1.38 \text{ kW/m}^2$. Ai fini dell'interazione tra la radiazione solare e il pianeta Terra, si supponga di potere considerare la Terra come un disco piatto perpendicolare ai raggi solari, di raggio $R_T = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ e che assorbe tutta la radiazione incidente. Determinare:
 - a) Il valore massimo del modulo del campo elettrico della radiazione solare che raggiunge la Terra.
 - b) Il valore massimo del modulo del campo magnetico della radiazione solare che raggiunge la Terra.

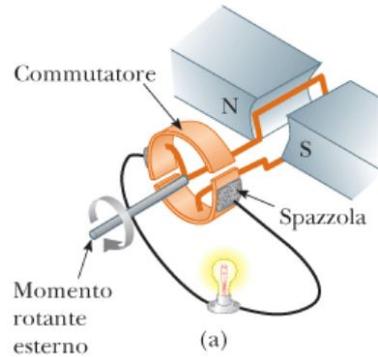


Figura 1: Modello semplificato di un generatore di tensione alternata.

- c) La pressione p_{rad} della radiazione solare che agisce sulla superficie della Terra.
d) Il modulo F_{rad} della forza dovuta alla radiazione solare e che agisce sulla superficie della Terra.

Si indichino con $m_T = 5.98 \times 10^{24}$ kg, $m_S = 1.99 \times 10^{30}$ kg e $d_{TS} = 1.5 \times 10^{11}$ m la massa della Terra, del Sole e la distanza Terra-Sole, rispettivamente. Detta F_{grav} la forza di attrazione gravitazionale tra la Terra e il Sole, determinare il rapporto F_{rad}/F_{grav} , verificando che abbia un valore molto più piccolo dell'unità. Cosa accadrebbe se così non fosse?

4. Si spieghi che cosa si intende per corpo nero all'equilibrio termodinamico alla temperatura T e in che modo si può realizzare sperimentalmente un oggetto che approssimi un corpo nero. Si consideri quindi la formula di Planck per lo spettro di emissione $u(\lambda)$ di un corpo nero in funzione della lunghezza d'onda λ

$$u(\lambda) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1} \quad (1)$$

dove h è la costante di Planck, k_B la costante di Boltzmann e c la velocità della luce nel vuoto. Dopo avere ricordato qual è il principale insuccesso teorico della fisica classica nel tentativo di descrivere questo spettro, si enunci la legge sperimentale di Stefan e si mostri che la si può ottenere a partire dalla formula di Planck¹.

¹Si ricorda che $\int_0^{+\infty} \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15}$