

**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  $\rho$  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  $\rho$  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  $\omega$ . 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.

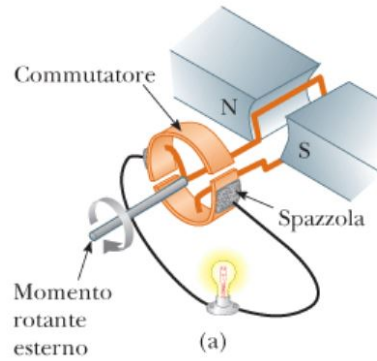


Figura 1: Modello semplificato di un generatore di tensione alternata.

- 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  $\lambda$

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

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 Planck<sup>1</sup>.

---

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