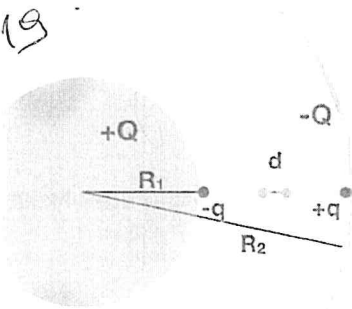


Istruzioni per gli esercizi:

Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.

10/11/2019



1. Una sfera metallica di raggio  $R_1=9.7$  cm e` circondata da uno strato metallico sferico e concentrico, di raggio interno  $R_2=22.1$  cm. Entrambi i conduttori sono caricati rispettivamente a  $+Q$  e  $-Q$ , con  $Q=1.24 \mu C$ . Su di esse poggiano (allineate lungo una retta radiale) due sferette isolanti, di massa  $m=1$  g e raggio trascurabile, caricate rispettivamente a  $-q$  e  $+q$ , con  $q=7.42$  nC.

a. Trascurando le sferette, calcolate il campo elettrico in ogni punto tra le due armature, specificando il suo valore numerico a  $R_1$ .

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r}, \quad \vec{E}(R_1) = 1.18 \times 10^6 \frac{V}{m} \hat{r}$$

b. Le sferette vengono avvicinate fino a distanza  $d=4$  mm seguendo un cammino radiale di uguale lunghezza per entrambe, quindi collegate tra loro con un bastoncino rigido e isolante fino a formare un dipolo, e ruotate in modo che il bastoncino stia sulla superficie equipotenziale. Quanta energia serve per raggiungere questa configurazione? (Chiamate  $r_+$  ed  $r_-$  le posizioni delle due cariche come in figura,  $r_m$  la posizione del centro di massa.)

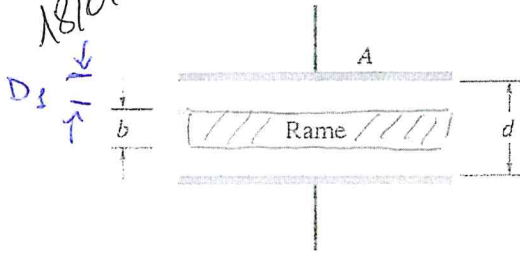
$$W = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left[ \left( \frac{1}{R_1 - r_-} \right) + \left( \frac{1}{r_+ - R_2} \right) + \frac{d}{r_m^2} \right] = 4.77 \times 10^{-4} J$$

c. Il dipolo viene lasciato libero e si allinea velocemente col campo elettrico. Approssimando la forza risultante come costante, quanto tempo ci mette il dipolo a toccare una delle due pareti? quale?

$$t = \sqrt{\frac{2m \cdot 4\pi\epsilon_0}{qQ} \frac{(r_- - R_1)}{\left( \frac{1}{r_-^2} - \frac{1}{r_+^2} \right)}} = 0.866 s$$

tocca la sfera

18/6/2018



2. In un condensatore piano, carico con  $\Delta V = 400 \text{ V}$  e isolato, con armature di area  $A = 200 \text{ cm}^2$  e distanti  $d = 0.80 \text{ cm}$ , viene inserita una lastra di rame di spessore  $b = 0.20 \text{ cm}$  e di area identica a quella delle armature, in modo da stare a metà tra le stesse.

a. Calcolate la capacità del condensatore dopo aver introdotto la lastra.

$$C_{\text{fin}} = \frac{\epsilon_0 A}{(d-b)} = 28.5 \text{ pF}$$

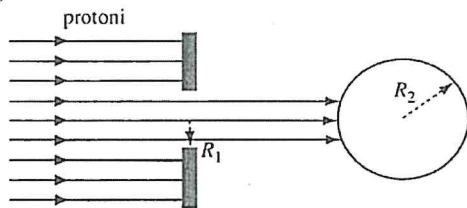
b. Calcolate il lavoro necessario per introdurre la lastra, con il suo segno.

$$W = -\frac{Q^2}{2} \left( \frac{1}{C_f} - \frac{1}{C_i} \right) = +\frac{\epsilon_0 \epsilon^2}{2} A b = 8.17 \times 10^{-7} \text{ J}$$

c. Come cambia la capacità se la lastra non è esattamente al centro delle due armature? Nella risposta, tenete conto del rischio di rottura del dielettrico.

$$D > \frac{\Delta V}{E_{\text{max}}} \sim 0.13 \text{ mm}$$

8/11/2018



3. Un fascio di protoni di energia  $E = 32 \text{ MeV}$  viene lanciato a intensità costante su una lastra in grado di assorbirli, che ha un foro circolare di raggio  $R_1 = 1.1 \text{ cm}$ . I protoni che passano oltre arrivano su una sfera metallica di raggio  $R_2 = 3.4 \text{ cm}$ , inizialmente scarica, che li cattura istantaneamente. Dopo  $t = 3 \text{ s}$  si misura per la sfera un potenziale di  $V = 20 \text{ kV}$  rispetto all'infinito.

a. Calcolare la carica accumulata dalla sfera e il campo elettrico alla superficie.

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2} \quad q = 4\pi\epsilon_0 R_2 V = 7.56 \times 10^{-8} \text{ C} \quad E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2^2} = 5.88 \times 10^4 \text{ V/m}$$

b. Calcolare l'intensità e la densità della corrente di protoni.

$$I = \frac{q}{\Delta t} = 2.52 \times 10^{-8} \text{ A}, \quad j = \frac{I}{\pi R_1^2} = 6.63 \times 10^{-5} \text{ A/m}^2$$

c. Ricavare la densità (in  $\text{m}^{-3}$ ) dei protoni come portatori di carica.

$$\frac{1}{2} m_p v_p^2 = E \text{ (in J, non in eV)}, \quad v_p = \sqrt{\frac{2E}{m_p}}$$

$$n = \frac{j}{e v_p} = 5.3 \times 10^{-6} \text{ m}^{-3}$$