

1) L'elettrone ha una massa di 9.1×10^{-31} kg ed una carica elettrica pari a -1.6×10^{-19} C. Ricordando che la forza gravitazionale tra due corpi di massa M alla distanza d è data da

$$F = G M m / d^2$$

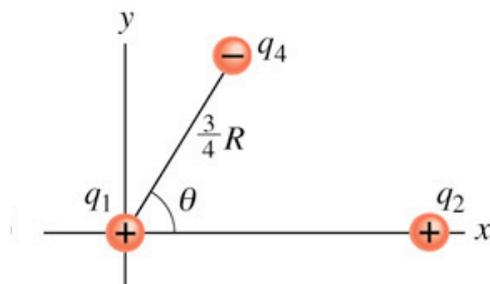
dove $G=6.67 \times 10^{-11}$ N m² kg⁻², si confrontino le forze gravitazionale ed elettrica agenti fra due elettroni posti alla distanza $d=1$ m.

2) Quattro cariche uguali di 5×10^{-10} C sono disposte ai quattro vertici di un quadrato di 10 cm di lato. Calcolare grandezza e direzione della forza agente su ciascuna carica. Calcolare il campo elettrico e il potenziale nel centro del quadrato.

3) Due cariche puntiformi di grandezze 4×10^{-8} C e 9×10^{-8} C si trovano nel vuoto a 50 cm di distanza. In quali punti si annullano l'intensità del campo elettrico e il potenziale ?

4) Due cariche puntiformi +q sono vincolate rispettivamente nei punti A(-d/2, 0) e B(d/2, 0). Una terza carica -q è vincolata a muoversi sull'asse perpendicolare al segmento AB nel suo punto medio. Tale carica si trova inizialmente ferma in un punto P(x=0, y) con $y \ll d/2$. Studiare il moto di -q.

4) Calcolare l'intensità e la direzione della forza elettrostatica agente sulla carica q_1 , sapendo che



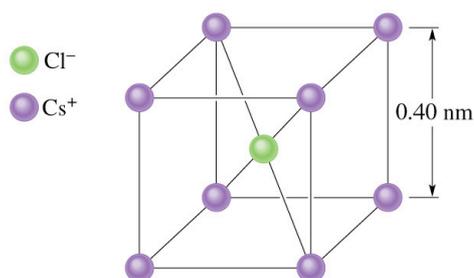
$$q_1 = q_2 = 2e$$

$$q_4 = -2e$$

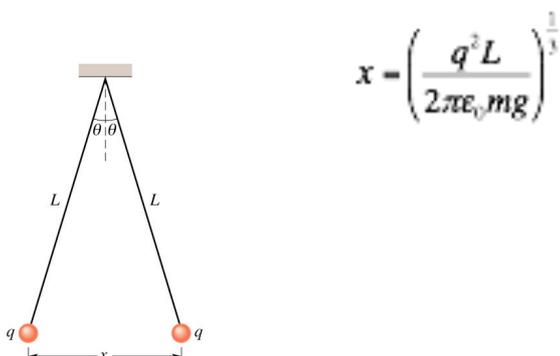
$$R = 0.02 \text{ m} = \text{distanza fra } q_1 \text{ e } q_2$$

$$\theta = 60^\circ$$

5) Qual è l'intensità della forza esercitata dagli ioni Cs^+ ai vertici del cubo sul Cl^- ? Se uno degli ioni viene rimosso (difetto cristallino), quale sarà ora la forza sullo ione Cl^- risultante dall'azione dei 7 ioni rimanenti? Determinare l'energia del sistema nei due casi.



6) Due palline uguali di massa m e carica q sono appese a fili di lunghezza L . Si dimostri che nell'approssimazione di piccoli angoli ($\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta$), all'equilibrio la distanza x fra le palline è



$$x = \left(\frac{q^2 L}{2\pi\epsilon_0 m g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

7) L'atomo di idrogeno è costituito da un protone e un elettrone ($m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg). Nello stato fondamentale l'elettrone descrive un'orbita circolare di raggio 0.5×10^{-10} m attorno al protone. Calcolare l'energia totale del sistema.

8) Un elettrone si sposta tra due punti A e B sotto l'azione di un campo elettrico. La velocità dell'elettrone in A è nulla. La differenza di potenziale tra A e B è -10 V. Calcolare la velocità dell'elettrone in B.

9) Una carica $q_1 = 5$ fC è distribuita uniformemente su una sfera carica di raggio $a = 2$ cm e posta nel centro di un guscio conduttore sferico di raggio interno $2a$ e raggio esterno $2.4a$. Sul guscio esterno è presente una carica $q_2 = -q_1$. Calcolare l'intensità del campo elettrico per a) $r = 0$; b) $r = a/2$; c) $r = a$; d) $r = 1.5a$; e) $r = 2.3a$; f) $3.5a$. Quale carica è presente sulla superficie interna ed esterna del guscio. Calcolare il potenziale nelle varie regioni.

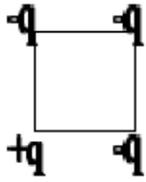
10) Due elettroni sono tenuti fermi a 2 cm di distanza. Un terzo elettrone viene lanciato dall'infinito e si ferma a metà tra e i due. Quanto vale la sua velocità iniziale?

11) Calcolare la velocità di fuga (cioè per allontanarsi all'infinito esaurendo tutta la sua energia cinetica) di un elettrone posto sulla superficie di una sfera di raggio 1 cm avente carica uniformemente distribuita pari a 1.6 fC.

12) Due sfere conduttrici molto distanti hanno raggio rispettivamente R_1 e $R_2 = 2R_1$. Sulla più piccola è inizialmente presente carica $+q$, mentre la più grande è inizialmente scarica. Si collegano ora le due sfere con un cavo lungo e sottile. Si trovino le cariche finali sulle due sfere.

13) Calcolare il lavoro necessario per disporre quattro cariche (inizialmente molto lontane fra loro) $q = 2.3$ pC (due + e due -) ai vertici di un quadrato di lato $a = 0.64$ m, in modo che cariche dello stesso segno siano a distanza pari alla diagonale e cariche diverse a distanza pari al lato.

14) Quattro cariche sono poste ai vertici di un quadrato di lato $l = 2$ cm come mostrato in figura ($q = 2$ nC). Riportare:



- (a) Formula e valore numerico delle componenti della forza risultante sulla carica $+q$.
- (b) Formula e valore numerico del lavoro necessario per costruire tale distribuzione di carica.

15) Determinare il campo elettrico (vettore!) generato da un filo ideale infinito, uniformemente carico positivamente avente densità lineare di carica λ_1 contenuto in un guscio cilindrico coassiale al filo e di spessore trascurabile, avente densità lineare di carica negativa λ_2 e raggio R alla distanza generica:

- a) $r < R$
- b) $r > R$
- c) riportare il valore numerico di E se $\lambda_1 = 3 \text{ nC/m}$, $\lambda_2 = -2 \text{ nC/m}$, $r = 8 \text{ cm}$ ed $R = 4 \text{ cm}$.

16) Un resistore viene costruito a forma di cilindro cavo di lunghezza L , raggio interno r_1 e raggio esterno r_2 . Una corrente I corre parallela all'asse di tale cilindro. Determinare il valore:

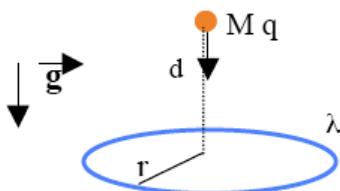
- (a) della resistività ρ del materiale di cui è costituito il cilindro sapendo che $L = \rho \text{ cm}$, $r_1 = 1 \text{ cm}$, $r_2 = 2 \text{ cm}$ e sapendo che la resistenza del dispositivo è 10 MW .
- (b) Determinare il valore della corrente I sapendo che ai capi del resistore è applicata una differenza di potenziale di 10 V .

17) Un condensatore piano avente le armature quadrate di lato $a = 10 \text{ cm}$ poste a distanza $d = 1.5 \text{ mm}$ viene riempito con un dielettrico di costante dielettrica relativa $\epsilon = 3.5$ e resistività $\rho = 2.5 \times 10^6 \Omega \text{m}$. si determini:

- a) il tempo caratteristico di carica e scarica τ del condensatore;
- b) il tempo impiegato a dimezzare la carica sulle armature;
- c) l'energia immagazzinata nel condensatore all'istante $t = 2 \tau$ se la differenza di potenziale iniziale ai capi delle armature è 20 V .

18) Un protone (carica $q = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) è lanciato in direzione x in un campo elettrico $\mathbf{E} = -5 \times 10^5 \mathbf{i} \text{ N/C}$. Il protone viaggia per 40 ns prima di fermarsi. Determinare: (a) l'accelerazione del protone, (b) la sua velocità iniziale (massa del protone $m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$).

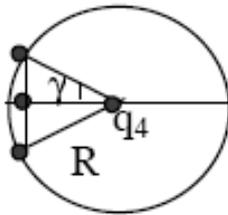
19) Una distribuzione lineare continua di cariche avente densità uniforme $\lambda = 5 \text{ nC/m}$, ha la forma di una spira di raggio $r = 3 \text{ cm}$. Una carica puntiforme $q = 2 \text{ nC}$, avente massa m , è posta sull'asse della spira a distanza $d = 15 \text{ cm}$.



- a) Quale deve essere la massa della carica puntiforme affinché sia in equilibrio sotto l'azione delle forze elettrica e gravitazionale?
- b) Se la carica puntiforme avesse una velocità iniziale v_0 , si descriva il moto della carica considerando nulla la forza gravitazionale.

20) Una sfera di materiale isolante di raggio R possiede una carica totale q distribuita uniformemente in tutto il suo volume. La sfera è contenuta in un guscio sferico di materiale conduttore di raggio interno a e raggio esterno b ($R < a < b$) che possiede una carica $-q/2$. Calcolare l'intensità E del campo elettrico nelle seguenti regioni di spazio: (a) $r < R$, (b) $R < r < a$, (c) $a < r < b$, (d) $r > b$ (dove r sia la distanza dal centro della sfera).

21) Due cariche elettriche puntiformi $+2q$ sono fissate su una circonferenza di raggio R ed una terza carica $-q$ è fissa sul suo diametro come mostrato in figura. Una quarta carica $q_4 = +2q$ è posta nel centro della circonferenza ed è libera di muoversi; si determini:



- la forza che deve essere applicata alla carica q_4 affinché rimanga in quiete.
- l'energia elettrostatica della distribuzione di cariche.
- Il valore numerico del modulo della forza e dell'energia elettrostatica per $q = 2 \text{ nC}$, $R = 4 \text{ cm}$, $\gamma = 15^\circ$

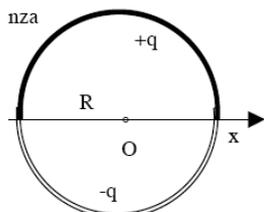
22) Un cilindro isolante di raggio a e di lunghezza $L \gg a$ è caricato uniformemente con una carica $-3q$ ed è circondato da un cilindro cavo isolante di raggio interno b ed esterno c ad esso coassiale, della stessa lunghezza $L \gg c, b$ e caricato uniformemente con carica $+3q$. Determinare, in tutto lo spazio, modulo, direzione e verso del vettore campo elettrico generato dalla suddetta distribuzione.

23) Un guscio conduttore di raggio interno $R/2$, raggio esterno R e carica q è posto a distanza molto grande da un secondo guscio conduttore di raggio interno $R/2$, raggio esterno $3R$ e carica q . Ad un certo istante le sfere vengono collegate con un filo conduttore sottilissimo. Si determini all'equilibrio:

- il potenziale dei due conduttori,
- la carica su entrambi i conduttori

24) Si vuole realizzare un circuito RC che abbia un tempo caratteristico $\tau = 40 \mu\text{s}$ utilizzando un condensatore di capacità $C = 5 \mu\text{F}$ in serie a due resistenze opportunamente collegate tra loro $R_1 = 12 \Omega$ e $R_2 = 24 \Omega$. All'istante $t = 0$ il circuito viene connesso ad una batteria da 30V . Disegnare il circuito e determinare la carica presente sul condensatore di capacità C e l'energia immagazzinata nel condensatore C al tempo $t = 10 \mu\text{s}$.

25) Si vuole realizzare un resistore utilizzando un filamento di tungsteno (resistività $= 5.6 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$) e diametro $500 \mu\text{m}$ in modo che, collegato ad un generatore che eroga una corrente di 3A , dissipi una potenza di 150W . Determinare la lunghezza del filo occorrente.



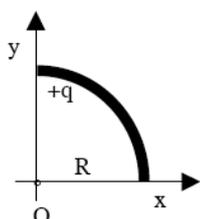
26) Due asticelle sottili di plastica una avente una carica $+q$ e l'altra $-q$, formano una circonferenza di raggio R nel piano xy . L'asse x passa attraverso i punti di giunzione e la carica è uniformemente distribuita sulla lunghezza di tutte e due le asticelle. Quali

sono l'intensità e la direzione del campo elettrico prodotto nel centro della circonferenza?

27) In una sfera isolante di raggio R è presente una distribuzione di carica non uniforme pari a $\rho = \rho_s r/R$ dove ρ_s è una costante ed r è la distanza dal centro della sfera. Determinare:

- la carica totale presente sulla sfera,
- il campo elettrico presente all'interno della sfera ($r < R$) specificandone modulo direzione e verso,
- il campo elettrico all'esterno della sfera ($r > R$) specificandone modulo direzione e verso.

28) Una asticella sottile di vetro, avente una carica $+q$, distribuita uniformemente sulla sua lunghezza, è piegata a formare un quarto di una circonferenza di raggio R nel piano xy .



Quali sono l'intensità e la direzione del campo elettrico prodotto nel centro della circonferenza? (Esprimere, rispetto al sistema di riferimento in figura, il vettore campo elettrico attraverso le sue componenti, darne anche il modulo e la direzione)

29) Su una superficie piana isolante sottile e molto estesa è distribuita uniformemente una carica negativa con densità $\sigma = 2 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$. Un elettrone, avente energia cinetica iniziale $k = 100 \text{ eV}$, viene proiettato perpendicolarmente verso il centro della lastra e si ferma (a causa della repulsione elettrostatica) proprio nel punto in cui raggiunge la lastra.

- Determinare il campo elettrico presente nella regione nella quale si muove l'elettrone specificandone modulo direzione e verso ed esplicitando i passaggi per ottenerlo.
- Determinare la distanza dalla quale deve essere lanciato l'elettrone.
- Dire cosa cambierebbe nel risultato ottenuto al punto precedente se, a parità di carica totale, lo strato isolante avesse avuto uno spessore h . (motivare la risposta)

30) Un protone (carica $+e$) di energia cinetica K_1 viene lanciato contro un nucleo di platino (carica $+78e$) da una distanza molto grande. Arrivato ad una distanza D dalla superficie del nucleo, il protone si ferma. Si determini:

- D (si assimili il nucleo di platino ad una distribuzione sferica di carica e si trascuri il suo moto).

Riportare la formula risolutiva ed il valore numerico sapendo che $K_1 = 10^{-12} \text{ J}$; $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

31) Tre cariche elettriche puntiformi sono fissate nei vertici di un triangolo equilatero di lato L . Si determini:

- l'energia elettrostatica della distribuzione di cariche;
- modulo, direzione, e verso del vettore campo elettrico generato dalla

distribuzione di cariche nel punto medio della base P;
 c) a che distanza d da P e in quale posizione si deve mettere una carica negativa $q_4 = -4q$ perché il campo elettrico in P sia nullo.
 Riportare la formula risolutiva ed il valore numerico sapendo che $q = 1 \text{ nC}$ ed $L = 10 \text{ cm}$.

32) Due condensatori piani hanno stessa area delle armature $A = 4 \cdot 10 \text{ m}$, la distanza fra le lastre del primo è $d_1 = 10^{-3} \text{ m}$. Il secondo ha distanza $d_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ed è riempito con dielettrico di $\epsilon_r = 3.2$ ($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$).

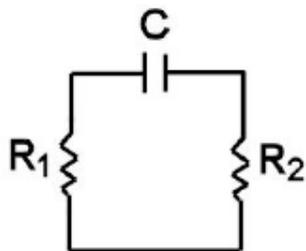
a) Se metto i due condensatori in serie e applico una ddp $V_0 = 100 \text{ V}$, calcolare il campo elettrico che deve sopportare il dielettrico.

b) Si collega in serie ai condensatori una resistenza $R = 120 \text{ M}\Omega$. Se al tempo $t = 0$ si accende la stessa ddp del punto precedente, calcolare la costante tempo del circuito.

c) Calcolare dopo quanto tempo la corrente si dimezza rispetto al valore iniziale.

33) Due piani sono disposti parallelamente ad una certa distanza d . Sopra i piani si hanno delle distribuzioni di carica con densità superficiale uniforme $\sigma_1 = 10^{-7} \text{ C/m}^2$ e $\sigma_2 = -7 \sigma_1$ rispettivamente. Un elettrone (carica $-e$), lasciato con velocità nulla a distanza $d/2$ dai due piani, raggiunge la superficie del piano caricato positivamente con un'energia cinetica K di 200 eV . Determinare la distanza d tra i piani. [$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{m}^2 \text{ N})$]

34) Un condensatore di capacità $C = 0.2 \text{ }\mu\text{F}$ viene caricato con un potenziale $V_0 = 150 \text{ Volts}$ ed in seguito inserito all'istante $t = 0$ s nel circuito in figura. Sapendo che le due resistenze hanno valore: $R_1 = 20 \text{ K}\Omega$ e $R_2 = 30 \text{ K}\Omega$, calcolare:



a) La corrente che circola nelle resistenze dopo 10 ms .

b) L'energia totale dissipata nelle due resistenze durante questo periodo di tempo.

35) Un cilindro conduttore cavo di lunghezza infinita, raggio esterno $9b$ ed interno $4b$, elettricamente neutro, racchiude un isolante cilindrico cavo di lunghezza infinita, ad esso coassiale di raggio interno $2b$ ed esterno $3b$ nel quale è distribuita una carica elettrica con densità di volume uniforme α , con α costante positiva.

a) Determinare la densità di carica presente all'equilibrio sulla superficie $r = 9b$ del conduttore.

b) Determinare il valore assoluto del lavoro necessario a spostare una carica $3q$ da un punto a distanza $r = 10b$ a uno a distanza $r = 4b$ dall'asse.

36) Ai capi della serie formata da una resistenza $R = 15 \text{ }\Omega$ e da un condensatore C , viene posto un generatore di f.e.m. di valore $f = 12 \text{ V}$ e resistenza interna R_i . A $t = 0$ il circuito viene chiuso; in questo istante iniziale la potenza dissipata nella resistenza R vale $P_0 = 5 \text{ W}$. Trascorso un tempo t_1

= 0,3 ms la corrente che scorre nel circuito diventa 1/5 di quella iniziale. Determinare:

- la resistenza interna del generatore R_i
- il valore della capacità C .

37) Si vuole costruire un riscaldatore da 200W utilizzando un filo di resistività $\rho = 2.3 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ e sezione costante $S=1.2 \text{ mm}^2$. Per alimentarlo si può scegliere tra due alimentatori, uno che fornisce una ddp di 50 V e uno che eroga una corrente di 10 A.

- Qual è la lunghezza del filo richiesta nei due casi?
- Determinare l'energia dissipata dal riscaldatore in un intervallo di tempo di 10 minuti.

38) Una sfera isolante di raggio R possiede una carica $+2Q$ uniformemente distribuita nel suo volume.

Determinare:

- la forza elettrostatica istantanea agente su una particella puntiforme di massa m e carica $+q$ posta nel punto P a distanza $r = R/3$ da centro della sfera;
- la velocità con cui la particella raggiunge la superficie della sfera se viene lasciata con velocità nulla nel punto P .

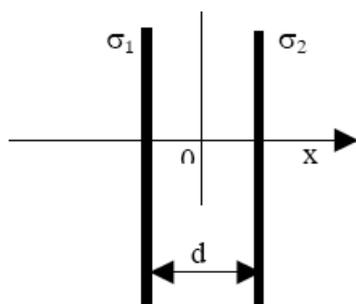
39) Un condensatore piano è costituito da due lastre di forma circolare e raggio $R = 2\text{cm}$, poste a distanza $d = 2 \text{ mm}$. Una delle armature è ricoperta internamente da uno strato di dielettrico di spessore 1mm, mentre nel restante volume fra le lastre c'è il vuoto. Il materiale dielettrico ha costante $\epsilon_r = 5.5$ e rigidità dielettrica $K=10 \text{ KV/mm}$. Determinare:

- Il massimo potenziale con cui può essere caricato il condensatore.
- la massima energia immagazzinabile. ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N m}^2)$)

40) Una pallina di plastica, di massa $m= 2\text{g}$, è sospesa ad un filo. La pallina è in equilibrio sotto l'azione della forza gravitazionale e della forza elettrostatica dovuta ad un piano uniformemente carico, avente densità superficiale $\sigma = +1.77 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$.

- Si determini, esplicitando i passaggi, il vettore campo elettrico generato dal piano carico.
- Si determini la carica della pallina sapendo che l'angolo che il filo forma rispetto al piano è di $\theta=15^\circ$ nella posizione di equilibrio della pallina.

41) Due piani infiniti sottili indefiniti paralleli distanti d sono carichi positivamente con densità uniforme di carica σ_1 e $\sigma_2=1/2 \sigma_1$ rispettivamente.



- Determinare, applicando la legge di Gauss ed esplicitando i passaggi, il vettore campo elettrico generato nelle regioni dello spazio $x < -d/2$, $-d/2 < x < d/2$ ed $x > d/2$.

b) Determinare la forza (modulo direzione e verso) che agisce su un elettrone abbandonato in O con velocità nulla.

- Descrivere il moto della suddetta carica

42) Ai capi della serie di due condensatori piani in aria, C_A e C_B , è collegato un generatore di f.e.m. $V_0 = 100$ V. In queste condizioni si osserva che ai capi del condensatore B si ha una d.d.p. $V_B = 40$ V. Successivamente, un condensatore di capacità $C = 2.0$ μF viene connesso in parallelo a C_A e la d.d.p. ai capi del condensatore B diventa $V'_B = 90$ V.

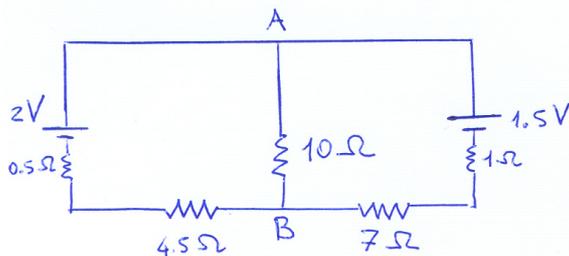
Determinare:

- le capacità dei condensatori A e B ;
- in assenza del condensatore C , di quanto dovrebbe essere variata (in percentuale o in frazione) la distanza tra le armature del condensatore A per ottenere lo stesso effetto prodotto dal condensatore C .

43) Calcolare il lavoro compiuto contro le forze elettrostatiche per trasportare una carica $Q_1 = -10^{-10}$ C da un punto A , situato a 10 cm da una carica $Q_2 = 10^{-5}$ C, ad un punto B distante 1 metro .

Calcolare la velocità di Q_1 in un punto C , distante 5 cm da Q_2 , quando è lasciata libera di muoversi sotto l'azione del campo elettrico, partendo da ferma dal punto A . La massa di Q_1 è 1 grammo.

44) Determinare la corrente in ciascuno dei resistori in figura e la caduta di tensione fra A e B .



45) Si vuole fabbricare una resistenza da 2 ohm usando 100 cm^3 di rame con resistività 1.7×10^{-8} ohm \times m . Se il rame viene tirato in un filo a sezione circolare, quale deve essere il diametro della sezione ?

46) Una resistenza da 100 ohm e una da 300 ohm sono collegate in parallelo fra loro e in serie con una terza resistenza da 50 ohm. Quale è la resistenza equivalente del circuito?

Se le tre resistenze sono tarate per 0.25 W, qual è la massima tensione che può essere applicata all'intero sistema in condizioni di sicurezza ?

In questa situazione qual è la potenza dissipata da ciascuna resistenza ?

47) Una piccola fabbrica assorbe una potenza di 100 kW che vengono forniti, mediante una linea di resistenza totale 5 ohm, alla tensione di 10000 V. Di quanto sarebbe minore la potenza perduta sulla linea, se la potenza venisse fornita a 50000 V?

48) Un resistore cilindrico (di lunghezza $l = 2.0$ m e sezione $A = 2.0$ mm^2) è fatto per metà di rame (resistività $\rho_{\text{CU}} = 1.69 \cdot 10^{-8}$ Ωm) e per metà di alluminio (resistività $\rho_{\text{AL}} = 2.75 \cdot 10^{-8}$ Ωm). Il resistore è attraversato da una corrente

costante di intensità $i = 100 \text{ A}$.

- a) Determinare le intensità dei campi elettrici nelle due parti del resistore e la d.d.p. ai suoi capi;
- b) Applicando il teorema di Gauss ad una superficie che racchiude la superficie di separazione tra le due parti, determinare la quantità di carica presente su tale superficie.

49) Dato un circuito RC con $R = 1 \text{ M}\Omega$ e $C_0 = 10^{-9} \text{ F}$ in vuoto, in quanto tempo il condensatore accumula sulle armature una carica $Q_0 = 10^{-9} \text{ C}$ se si utilizza una batteria con $V_0 = 30 \text{ V}$? Se, dopo averlo caricato al valore Q_0 , si elimina la batteria, si inserisce un dielettrico con costante dielettrica relativa $\epsilon_r = 6$ e si chiude il circuito su se stesso, dopo quanto tempo la carica sul condensatore si sarà dimezzata rispetto al valore Q_0 ?

50) Un condensatore piano è costituito da due armature quadrate di superficie $A = 20 \text{ cm}^2$. Le armature distano tra loro $h = 1 \text{ mm}$ e sono collegate ad una batteria da 500 Volt . Una lamina di rame quadrata di spessore $d = 0.2 \text{ mm}$ ed area A viene inserita completamente e centralmente tra le due armature che restano collegate alla batteria. Determinare:

- a) la capacità C_{eq} , la carica q sulle armature, e l'energia U immagazzinata nel condensatore equivalente.

In seguito il condensatore è scollegato dalla batteria e collegato, all'istante $t = 0$, ad una resistenza $R = 100 \text{ k}\Omega$. Si calcoli:

- b) il tempo necessario per avere una carica $q_1 = 40\% q$ sulle armature del condensatore. ($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N m}^2)$)