

## Esercizio 1

Quattro cariche puntiformi uguali,  $q = 1.0 \mu C$ , sono poste ai vertici di un quadrato di lato  $l = 0.1 m$ .

Determinare:

- $\vec{F}$  su ogni carica;
- l'energia elettrostatica  $U_{tot}$  del sistema;
- il potenziale  $V_0$  al centro del quadrato;
- quale carica  $Q_0$  si deve mettere al centro del quadrato per avere equilibrio;
- se tale equilibrio è stabile o meno.

## Esercizio 2

Si ha una distribuzione sferica, con raggio  $R = 1 m$ , di carica con densità uniforme pari a  $\rho = 1.9 \cdot 10^{-7} C/m^3$ , con una cavità sferica di raggio  $R' = R/2$  e con centro sull'asse  $\hat{x}$  ad una distanza pari a  $R/2$  dal centro della sfera.

- Calcolare il campo elettrico  $\vec{E}$  e il potenziale  $V$  nel punto di  $P$  coordinate  $(R, R)$

## Esercizio 3

Una carica puntiforme  $q = -2.0 \cdot 10^{-7} C$ , massa  $m = 2 \cdot 10^{-6} kg$ , viene attratta da una carica  $Q = 10^{-4} C$  distribuita uniformemente entro una sfera di raggio  $R = 1 m$  e massa molto grande. Quando la particella si trova a  $d = 2 m$  dal centro della sfera, viaggia ad una velocità pari a  $v_0 = 264.5 m/s$  verso il centro della sfera.

Calcolare:

- la velocità  $v_1$  quando la particella incontra la superficie della sfera;
- la velocità  $v_2$  quando si trova al centro della sfera;
- la distanza massima raggiunta dalla particella.

## Esercizio 4

Un dipolo elettrico di momento  $p = 2 \cdot 10^{-11} Cm$  viene posto ad una distanza  $d = 0.5 m$  da un filo molto lungo, uniformemente carico con densità lineare di carica  $\lambda = 10^{-8} C/m$ .

Il dipolo è posto sul piano del filo, perpendicolare ad esso e orientato verso l'esterno.

Calcolare:

- il lavoro necessario per trasportare il dipolo ad una distanza  $d/2$  dal filo, mantenendo costante il suo allineamento. E' fatto dal campo o contro il campo?
- il lavoro necessario per ruotare di  $30^\circ$  il dipolo;
- il momento torcente del dipolo prima e dopo la rotazione.

## Esercizio 5

Una piccola sfera con massa  $m = 11.2 mg$  è carica con  $q = 0.76 nC$ . Essa è appesa ad un filo lungo  $l = 5 cm$  e forma un angolo  $\theta = 9.2 \cdot 10^{-2} rad$  con la verticale, e si trova di fronte ad un foglio isolante e carico uniformemente con densità superficiale di carica  $\sigma$ .

- a. Determinare  $\sigma$ .
- b. Che angolo forma il filo se il foglio e' un conduttore scarico?

### Esercizio 6

Una elettrone ( $e$ ,  $m_e$ ) con velocità  $v_0 = 6.6 \cdot 10^6$  m/s attraversa uno spazio di lunghezza  $l = 2$  cm, dove si trova un campo elettrico uniforme  $E = 1250$  V/m perpendicolare a  $v_0$ .

- a. Calcolare la deflessione dell'elettrone dopo una distanza  $L = 15$  cm dopo la regione con campo elettrico.

### Esercizio 7

Due fili indefiniti, paralleli, carichi uniformemente con densità di carica  $\lambda = 10^{-8}$  C/m, con segno opposto, distano  $d = 5$  cm tra loro.

Calcolare:

- a. il campo elettrico  $\vec{E}$  in un punto che dista 3 cm e 4 cm dal filo positivo e negativo, rispettivamente;
- b. la forza per unità di lunghezza di attrazione tra i fili.

### Esercizio 8

Una sfera conduttrice di raggio  $R = 80$  cm è mantenuta a potenziale zero. Ad una distanza pari a  $d = 1$  m dal centro viene posta una carica puntiforme  $q = 3 \cdot 10^{-10}$  C.

Calcolare:

- a. la forza cui è soggetta la carica;
  - b. la densità della carica indotta sulla sfera.
- Si ripeta l'esercizio nel caso in cui la sfera sia inizialmente scarica e isolata.  
Oppure isolata e inizialmente carica con  $q' = 6 \cdot 10^{-10}$  C.

### Esercizio 9

Un sistema è formato da un anello sottile, di raggio  $R = 0.2$  cm e un filo indefinito entrambi carichi con densità di carica uniforme. La densità lineare di carica del filo è pari a  $\lambda_{filo} = 10 \cdot 10^{-6}$  C/m, quella dell'anello è  $\lambda_{anello}$ . L'anello giace su un piano parallelo al filo, e la distanza del suo centro dal filo è  $d = 45$  cm. Si osserva che il campo elettrico nel punto  $P$  equidistante dal filo e dall'anello è nullo.

- a. Calcolare il valore di  $\lambda_{anello}$ ;  
Un protone si trova ad una distanza  $L = 2.0$  m dal centro dell'anello, sul suo asse e dalla parte opposta rispetto al filo, con una velocità  $v_0$  diretta verso l'anello.  
Determinare:
- b.  $v_0$  affinché il protone si fermi al centro dell'anello;
- c. la forza che subisce il protone quando si trova al centro dell'anello.

### Esercizio 10

Un piano uniformemente carico con densità superficiale di carica pari a  $\sigma = 1.0 \cdot 10^{-6}$  C/m<sup>2</sup> ha un foro circolare di raggio  $R = 10$  cm. Sull'asse del foro, ad una distanza  $d = R$  si trova una carica puntiforme  $q = 2 \cdot 10^{-7}$  C.

Calcolare:

- a. la forza  $\vec{F}$  sulla carica;
- b. il lavoro  $W$  per portare la carica  $q$  al centro del foro;

- c. studiare la discontinuità del campo elettrico attraverso il foro, nell'ipotesi che il suo raggio tenda a zero.

### Esercizio 11

Ad un filo indefinito verticale con densità lineare di carica  $\lambda = 1.3 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}$  è appesa, tramite un filo di lunghezza  $l = 20 \text{ cm}$ , inestensibile, privo di massa e dielettrico, una carica puntiforme  $Q = 2 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ , di massa  $m = 11.2 \text{ mg}$ .

- Calcolare la posizione di equilibrio della carica;
- si tratta di equilibrio stabile o instabile?

### Esercizio 12

Quattro gocce d'acqua, uguali e sferiche, sono portate ad uno stesso potenziale  $V_A = 100 \text{ V}$  e poi isolate. Successivamente coalescono a formare una unica goccia.

- Quale è il potenziale della goccia?
- Quale è il rapporto tra l'energia elettrostatica finale e iniziale?

### Esercizio 13

Da un anello sottile di materiale isolante, di raggio  $R = 10 \text{ cm}$ , uniformemente carico con densità lineare  $\lambda = 1 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}$ , viene rimossa una piccola sezione di lunghezza  $d = 1 \text{ cm}$ .  
Calcolare:

- il campo elettrico su un punto generico dell'asse dell'anello;
- la forza esercitata su carica  $q = 1 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  che si trova al centro dell'anello;
- il lavoro necessario per portare la carica  $q$  all'infinito.

### Esercizio 14

Tre cariche puntiformi  $q_1 = 8q$ ,  $q_2 = 2q$  e  $q_3 = q$  con  $q = 1 \cdot 10^{-12} \text{ C}$  sono vincolate ad una circonferenza di raggio  $R = 9 \text{ cm}$  e inizialmente si trovano ai vertici di un triangolo equilatero.

Determinare:

- l'energia potenziale di  $q_2$ ;
- la forza agente su  $q_2$ .

Successivamente  $q_3$  viene spostata all'estremità del diametro che parte da  $q_1$ , mentre  $q_2$  viene lasciata libera di muoversi lungo la circonferenza.

Calcolare:

- la posizione di equilibrio di  $q_2$ ;
- l'energia elettrostatica del sistema all'equilibrio;

### Esercizio 15

Un cilindro metallico di raggio  $R = 10 \text{ cm}$  e altezza  $h$ , isolato e neutro, ruota attorno al suo asse con velocità angolare  $\omega = 3 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$ . Gli elettroni di conduzione sono liberi di muoversi solo radialmente e quindi sono trascinati nel moto di rotazione del cilindro,

Calcolare:

- il campo elettrico dentro il cilindro;
- la differenza di potenziale tra l'asse e la superficie esterna;
- la densità di carica sulla superficie e nel volume.

## Esercizio 16

Tre dipoli elettrici identici, di momento  $\vec{p}$ ,  $|\vec{p}| = 1 \cdot 10^{-30} \text{ Cm}$  vengono portati dall'infinito nei punti  $P_{1,2,3}$ , di coordinate, rispettivamente:  $P_1(0, 0, 0)$ ,  $P_2(0, -a, 0)$  e  $P_3(0, +a, 0)$  con  $a = 1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ , e con il momento di dipolo orientato come l'asse  $z$ .

Calcolare:

- il lavoro compiuto dalle forze del campo durante il processo;
- il campo elettrico  $\vec{E}$  nei punti dell'asse  $z$ ;
- la componente lungo  $z$  della forza cui è soggetto il dipolo nel punto  $P_1$ .

## Esercizio 17

Due sferette metalliche uguali,  $S_1$  e  $S_2$ , lontane tra loro, con raggio  $R_{1,2} = 2 \text{ cm}$  e massa  $m_{1,2} = 5 \text{ g}$ , inizialmente scariche, vengono collegate con fili conduttori ad una terza sfera metallica  $S_0$ ,  $R = 0.5 \text{ m}$ , lontana da entrambe, che è carica con  $Q_0$ . Successivamente i fili vengono staccati e le sferette vengono sospese a due fili isolanti lunghi  $l = 25 \text{ cm}$  e si osserva che restano in equilibrio ad un angolo di  $30^\circ$  con la verticale.

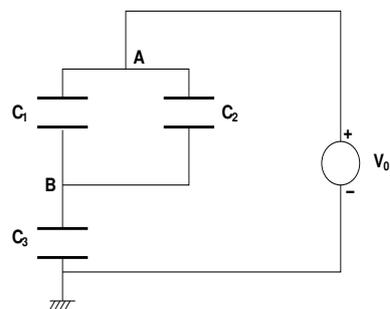
Calcolare, trascurando gli effetti di induzione mutua:

- le cariche  $q_{1,2}$  sulle sferette;
- il potenziale della sfera  $S_0$  prima del contatto;
- l'energia elettrostatica della sfera  $S_0$  prima del contatto;

## Esercizio 18

Dato il circuito in figura, con  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 3 \mu\text{F}$  e  $V_0 = 100 \text{ V}$ , calcolare:

- carica sulle armature;
- energia elettrostatica totale del sistema;
- cariche e energia elettrostatica totale del sistema se il punto  $B$  viene messo a terra;
- cariche, energia elettrostatica e  $\Delta V_{AB}$  se il punto  $A$  viene scollegato e poi  $B$  viene messo a terra.



## Esercizio 19

Un condensatore è formato da due armature semicircolari di raggio  $R = 50 \text{ cm}$ , parallele, distanti  $d = 2 \text{ mm}$ , incernierate al centro. Le armature si sovrappongono per  $\phi_0 = 60^\circ$  e sono collegate ad una *fem*  $V_0 = 50 \text{ V}$ . Successivamente il generatore viene staccato e le armature sono ruotate in modo da sovrapporle di  $\phi_1 = 120^\circ$ .

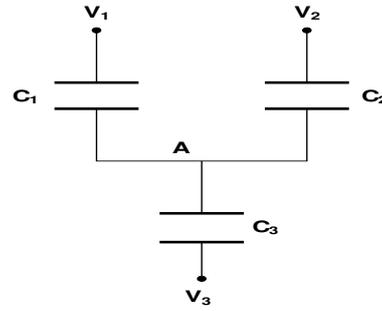
Trascurando tutti gli effetti di bordo, calcolare:

- la  $ddp$  tra le armature;
- il lavoro delle forze esterne per fare la rotazione.  
Successivamente il generatore viene collegato e lo spazio tra le armature viene riempito con un dielettrico con  $\kappa = 3$ .
- Determinare il lavoro compiuto dal generatore durante l'inserimento del dielettrico.

### Esercizio 20

Dato il circuito in figura, con  $C_1 = 5 \mu F$ ,  $C_2 = 8 \mu F$ ,  $C_3 = 3 \mu F$  e i punti  $V_{1,2,3}$  a potenziale, rispettivamente:  $V_1 = 100 V$ ,  $V_2 = 200 V$  e  $V_3 = 300 V$ : calcolare:

- carica sui condensatori;
- il potenziale del punto  $A$ .

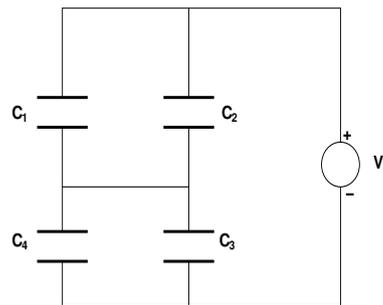


### Esercizio 21

Il sistema di condensatori in figura è collegato ad una *d.d.p.*  $V_0 = 15 V$  e i valori dei condensatori sono, rispettivamente:  $C_2 = 10 pF$ ,  $C_3 = 4 pF$ ,  $C_4 = 2 pF$ . Ai capi di  $C_4$  si misura una *d.d.p.*  $V_1 = 10 V$ .

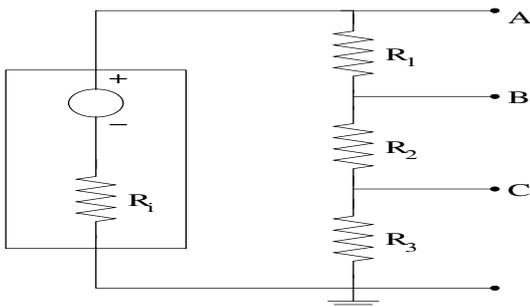
Calcolare:

- Valore di  $C_1$ ;
- energia elettrostatica totale del circuito.  
Nel condensatore  $C_1$  si inserisce una lastra di dielettrico con costante dielettrica relative  $\kappa = 5$ . Determinare:
- il lavoro svolto dal generatore.



### Esercizio 22

Il circuito in figura è alimentato con una generatore reale, con *fem*  $V_0 = 100 V$  e una resistenza interna  $R_i = 10 \Omega$ . Le resistenze hanno valori:  $R_1 = 1.0 k\Omega$ ,  $R_2 = 1.5 k\Omega$ ,  $R_3 = 2.0 k\Omega$ .

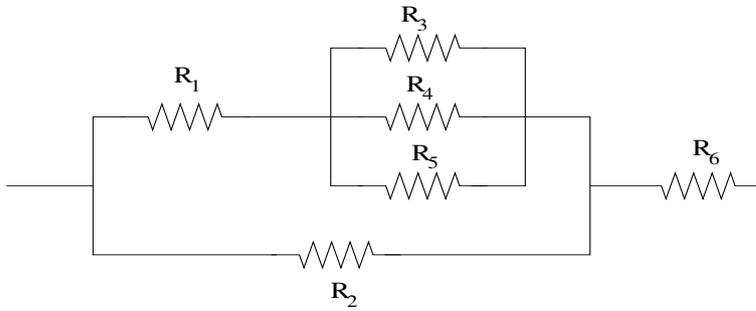


Calcolare:

- il potenziale (rispetto a terra) dei punti  $A$ ,  $B$ , e  $C$ ;
- la tensione ai capi del generatore reale.

### Esercizio 23

Le resistenze del circuito in figura hanno valori:  $R_1 = 3 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$ ,  $R_3 = 12 \Omega$ ,  $R_4 = 6 \Omega$ ,  $R_5 = 4 \Omega$ ,  $R_6 = 5 \Omega$ , e la *ddp* ai capi del circuito è  $\Delta V = 5.4 V$



Calcolare:

- il valore della resistenza vista ai capi del circuito;
- la corrente su ciascuna resistenza;
- la differenza di potenziale resistenza.

### Esercizio 24

Due fili rettilinei indefiniti, paralleli, distanti  $d = 1 \text{ m}$ , sono percorsi in versi opposti da correnti  $i_1 = 1 \text{ A}$  e  $i_2 = 2 \text{ A}$ . Tra i due fili, e complanare ad essi, si trova una spira quadrata con lato  $a = 20 \text{ cm}$ , con due lati paralleli ai fili e percorsa da corrente  $i_3$ .

Calcolare:

- la forza tra i fili per unità di lunghezza;
- la posizione di equilibrio della spira.

### Esercizio 25

Una sottile barra di grafite ( $\rho = 1 \cdot 10^{-5} \Omega \text{ m}$ ), lunga  $L = 200 \text{ cm}$  e sezione quadrata  $a = 2 \text{ mm}$ , è immersa in un campo magnetico  $B = 0.8 \text{ T}$ , perpendicolare ad una delle facce laterali. Le due estremità della barra sono collegate ad una fem  $V_0 = 5 \text{ V}$ .

Calcolare:

- la potenza erogata dal generatore;
- la forza necessaria per tenere ferma la barra;
- la *d.d.p.* tra le due coppie di facce opposte  $N(e^-) = 0.5 \cdot 10^{17} \text{ mm}^{-3}$ .

### Esercizio 26

Una spira circolare di raggio  $R = 10 \text{ cm}$  è percorsa da una corrente  $I = 10 \text{ A}$ .

Calcolare:

- Campo magnetico  $\vec{B}$  sull'asse della spira;
- $\vec{B}$  al centro della spira;
- La circuitazione di  $\vec{B}$  lungo l'asse della spira;

### Esercizio 27

Un solenoide di lunghezza finita  $L$  e raggio  $R$  è costituito da  $N$  avvolgimenti di un filo percorso da una corrente  $I$ .

Calcolare:

- Campo magnetico  $\vec{B}$  sull'asse del solenoide;
- Il rapporto tra il campo al centro e quello di un solenoide infinito;
- $\frac{L}{R}$  affinché il campo al centro sia 1% inferiore di quello di un solenoide infinito;
- Il rapporto tra il campo ai bordi del solenoide e quello al centro.

## Esercizio 28

### Bobine di Helmholtz

Due spire uguali, parallele, percorse nello stesso verso dalla stessa corrente  $I$ , di raggio  $a$  sono distanti  $2b$  tra loro.

Calcolare:

- Campo magnetico  $\vec{B}$  sull'asse del sistema;
- la condizione per cui  $B(x)$  vicino al centro risulta indipendente da  $x$  fino alla 3<sup>a</sup> potenza;
- fino a quali valori di  $x$ , data la condizione di cui al punto precedente,  $\frac{B(x)-B(0)}{B(0)} < 1\%$ .

### Answer of Esercizio 1

- risposta

### Answer of Esercizio 2

- risposta 2

### Answer of Esercizio 3

- risposta 1
- risposta 2

### Answer of Esercizio 21

- $C_1 = 2 \text{ pF}$ ;
- $U_{tot} = 4.5 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ ;
- $L_{gen} = 1.4 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ .

### Answer of Esercizio 22

- $V_A = 100 \text{ V}$ ,  $V_B = 77.6 \text{ V}$ ,  $V_C = 44.3 \text{ V}$ ;
- $\Delta V_{gen} = (100 - 0.22) \text{ V}$ .

### Answer of Esercizio 23

- $R_{tot} = 9 \Omega$ ;
- $i_1 = 0.48 \text{ A}$ ,  $i_2 = 0.12 \text{ A}$ ,  $i_3 = 0.08 \text{ A}$ ,  $i_4 = 0.16 \text{ A}$ ,  $i_5 = 0.24 \text{ A}$ ,  $i_6 = 0.6 \text{ A}$ ;
- $\Delta V_1 = 1.44 \text{ V}$ ,  $\Delta V_2 = 2.40 \text{ V}$ ,  $\Delta V_3 = 0.96 \text{ V}$ ,  $\Delta V_4 = 0.96 \text{ V}$ ,  $\Delta V_5 = 0.96 \text{ V}$ ,  $\Delta V_6 = 3.00 \text{ V}$ ;

### Answer of Esercizio 24

- $F/l = 1 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$ ;
- $x_1 = 32 \text{ cm}$ ,  $x_2 = -2.5 \text{ cm}$

### Answer of Esercizio 25

- $P = 5 \text{ W}$ ;
- $F = 1.6 \text{ N}$ ;

c.  $\Delta V = 10 \mu V$ .

### Answer of Esercizio 26

- a.  $B = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \theta$ ;  
b.  $B(0) = 6.28 \cdot 10^{-5} T$ ;  
c.  $C(B) = \mu_0 I$ .

### Answer of Esercizio 27

- a. .  
b. .  
c.  $\frac{R}{L} > 14$   
d. .

### Answer of Esercizio 28

- a. .  
b.  $a = 2b$ ;  
c.  $x < 0.305 a$