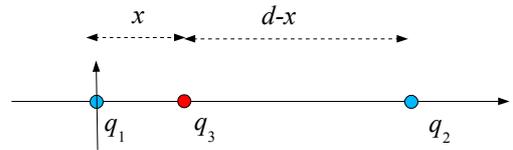


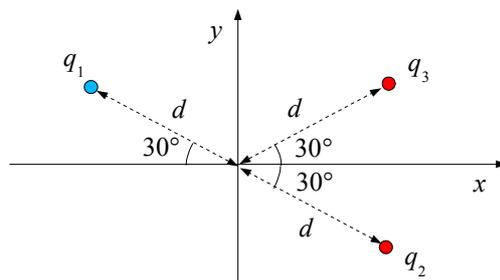
1. Due cariche positive si trovano sull'asse x : la carica q_1 si trova nell'origine e la carica q_2 si trova nel punto di ascissa d .



- Determina in quale posizione x deve essere posta la carica negativa q_3 sull'asse x in modo che la forza risultante su di essa sia nulla (*la figura mostra solo uno dei casi da considerare*).
- Spiega come varia la posizione di equilibrio x al variare di q_3 .
- Calcola il valore di x nel caso in cui $q_1 = 15,0 \mu C$, $q_2 = 6,00 \mu C$, $q_3 = -8,00 \mu C$ $d = 2,00 m$. Spiega quante sono le soluzioni accettabili e perché.
- Spiega qualitativamente se la posizione di equilibrio di q_3 è stabile o instabile.
- Con i valori numerici assegnati in precedenza, determina modulo, direzione e verso della forza di Coulomb risultante che agisce sulla carica q_2 dopo avere posto q_3 nella sua posizione di equilibrio.

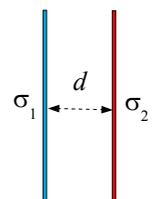
2. Le particelle di carica $q_1 = +2,00 \cdot 10^{-6} C$, $q_2 = -2,00 \cdot 10^{-6} C$, $q_3 = -4,00 \cdot 10^{-6} C$ rappresentate in figura hanno tutte distanza $d = 50,0 cm$ dall'origine.

Determina modulo, direzione e verso del campo elettrico complessivo nell'origine.



- 3.

- Definisci il concetto di flusso di un campo vettoriale.
- Enuncia il teorema di Gauss.
- Applica le risposte precedenti al caso in cui (*vedi figura*) due distribuzioni di carica piane



molto estese hanno densità superficiali di carica $\sigma_1 = +6,80 \mu C$ e $\sigma_2 = -4,30 \mu C$ e sono separate da una distanza $d = 7,38 \text{ cm}$.

Determina modulo, direzione e verso del campo elettrico:

- alla sinistra delle due lamine;
- nella regione compresa tra le due lamine;
- alla destra delle due lamine.

4^A - Correzione compito n°1

1.

- a. Se q_3 si trovasse a sinistra di q_1 , le forze agenti su di essa sarebbero entrambe rivolte nel verso negativo dell'asse x , e quindi non si avrebbe una situazione di equilibrio, e lo stesso avverrebbe se q_3 si trovasse a destra di q_2 . Possiamo quindi concludere che q_3 deve trovarsi nel segmento compreso tra q_1 e q_2 , come mostrato in figura.

Imponiamo la condizione di equilibrio, ovvero che le forze che q_1 e q_2 esercitano su q_3 (che in questo caso hanno verso opposto) abbiano lo stesso modulo:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{q_1 |q_3|}{x^2} = k \frac{q_2 |q_3|}{(d-x)^2} \Rightarrow q_1 (d-x)^2 = q_2 x^2 \Rightarrow (q_1 - q_2) x^2 - 2dq_1 x + q_1 d^2 = 0 \Rightarrow$$
$$x = \frac{dq_1 \pm \sqrt{d^2 q_1^2 - q_1 (q_1 - q_2) d^2}}{q_1 - q_2} = \frac{q_1 \pm \sqrt{q_1 q_2}}{q_1 - q_2} d .$$

Potremmo già osservare che la soluzione contenente il segno positivo non è accettabile, in quanto risulterebbe $x > d$, contro l'ipotesi iniziale, ma tale conclusione risulterà più evidente sostituendo i valori numerici.

- b. Dal risultato precedente vediamo che la posizione di equilibrio x non dipende dal valore della carica negativa posta in tale punto, in quanto le forze F_{13} ed F_{23} sono entrambe direttamente proporzionali a q_3 , per cui tale variabile "si semplifica".
- c. Sostituiamo i valori forniti dal testo nella formula ricavata nel punto a:

$$x = \frac{q_1 \pm \sqrt{q_1 q_2}}{q_1 - q_2} d = \frac{15 \pm \sqrt{15 \cdot 6}}{15 - 6} \cdot 2m \Rightarrow x_1 \simeq 3m; \quad x_2 \simeq 5,44m .$$

Osserva che il fattore $10^{-6}C$ è presente sia a num. che a den, e quindi si semplifica.

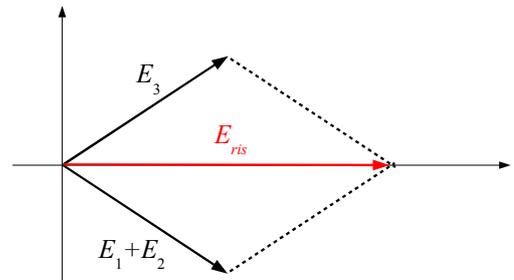
Come detto in precedenza, la soluzione x_1 è accettabile, in quanto $0 < x_1 < d$, mentre x_2 non è accettabile, perché $x_2 > d$.

- d. La posizione di equilibrio di q_3 è instabile (come avviene in tutti i problemi di elettrostatica). Infatti, se q_3 si avvicinasse a q_2 , allora la forza che q_2 esercita su q_3 aumenterebbe, mentre quella che q_1 esercita su q_3 diminuirebbe. Il risultato sarebbe, quindi, che q_3 continuerebbe ad accelerare verso q_2 . Il caso in cui q_3 si avvicina a q_1 è analogo.
- e. La forza risultante che viene esercitata su q_2 è la somma vettoriale di quelle applicate da q_1 e q_3 . Poiché entrambe sono dirette lungo l'asse x , ma la prima è repulsiva, mentre la seconda è attrattiva, allora la componente x della risultante è la differenza delle due componenti:

$$F_2 = F_{12} - F_{32} = k \frac{q_1 q_2}{d^2} - k \frac{|q_3| q_2}{(d-x)^2} \simeq 9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{15 \cdot 10^{-6}}{2^2} - \frac{8 \cdot 10^{-6}}{0,77^2} \right) \cdot 6 \cdot 10^{-6} \simeq -0,526 N .$$

Poiché la forza risultante ha una componente orizzontale di segno negativo, essa è diretta verso il semiasse negativo delle x .

2. Poiché q_1 è una carica positiva, essa genera un vettore campo elettrico radiale e uscente dalla carica, mentre q_2 e q_3 generano dei campi elettrici entranti verso le rispettive cariche.



Le intensità dei tre campi nell'origine sono:

$$E_1 = E_2 = k \frac{q_1}{d^2}, \quad E_3 = k \frac{q_3}{d^2}.$$

Osserviamo che i vettori $\vec{E}_1 + \vec{E}_2$ e \vec{E}_3 hanno uguale modulo e sono simmetrici rispetto all'asse x , per cui, nella somma vettoriale, le componenti verticali, essendo uguali e opposte, si elidono, mentre le componenti orizzontali si sommano.

Il campo elettrico risultante è quindi diretto lungo il semiasse positivo delle x ed ha modulo:

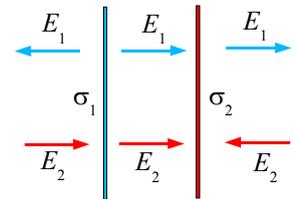
$$E_{ris} = 2E_{3x} = 2k \frac{|q_3|}{d^2} \cos 30^\circ \simeq 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{0,5^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \simeq 2,49 \cdot 10^5 \frac{N}{C}.$$

3.

a. Vedi pag. 144 del libro di testo.

b. Vedi pagg. 145-6 del libro di testo.

c. Vedi pag. 148 del libro di testo, in cui si dimostra che l'intensità del campo



elettrico generato da una distribuzione di carica piana omogenea e infinita è: $E = \sigma / (2\epsilon_0)$.

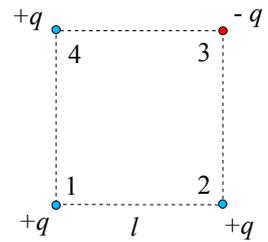
Ricordiamo poi che una distribuzione di cariche positive genera un vettore campo elettrico uscente dalle cariche stesse, mentre una distribuzione di cariche negative genera un campo elettrico diretto verso le cariche (*vedi figura*). Il campo elettrico risultante è quindi sempre perpendicolare ai piani su cui sono distribuite le cariche, e la sua componente orizzontale vale:

- a sinistra: $E_2 - E_1 = \frac{|\sigma_2|}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} \simeq -\frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \simeq -1,41 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$ (verso sinistra);

- tra le due lamine: $E_2 + E_1 = \frac{|\sigma_2|}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} \simeq \frac{11,1 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \simeq 6,27 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$ (verso destra);

- a destra: $E_1 - E_2 = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{|\sigma_2|}{2\epsilon_0} \simeq \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \simeq 1,41 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$ (verso destra).

1. Ai vertici di un quadrato di lato l sono disposte quattro cariche, come indicato in figura.



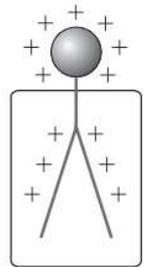
a. Determina modulo, direzione e verso della forza agente sulla carica 1.

b. Determina modulo, direzione e verso del campo elettrico nel centro del quadrato.

2. Applica il teorema di Gauss per ricavare modulo, direzione e verso del campo elettrico di un condensatore a facce piane e parallele (sia all'interno che all'esterno delle armature).

3. Un elettroscopio, formato da un pomello metallico e da un'asta metallica al fondo della quale sono appese due foglioline metalliche, possiede una carica positiva.

Spiega se e come cambiano la carica del pomello e la separazione delle foglioline se al pomello viene avvicinato, senza toccarlo, un corpo carico negativamente.



4. Una sbarretta carica positivamente viene posta vicino ad un corpo sospeso.

a. Se il corpo viene respinto dalla sbarretta, puoi dedurre la carica? Perché?

b. Se il corpo viene attratto dalla sbarretta, puoi dedurre se è carico?

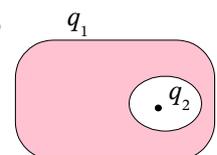
Puoi dedurre se esso è conduttore o isolante? Perché?

c. Descrivi analogie e differenze tra il fenomeno dell' induzione e quello della polarizzazione.

5. Un elettrone di massa m_e ed un protone di massa m_p , inizialmente fermi, percorrono entrambi una distanza d sotto l'azione di un campo elettrico uniforme E . Calcola il rapporto t_p/t_e tra i tempi impiegati dal protone e dall'elettrone per percorrere la distanza d .

6. Analogie e differenze tra la legge di Coulomb e la legge della gravitazione universale di Newton.

7. Un corpo metallico ha una carica $q_1 = 15 \text{ mC}$. In una cavità al suo interno viene posta una carica $q_2 = 10 \text{ mC}$ (isolata dalle pareti del conduttore).



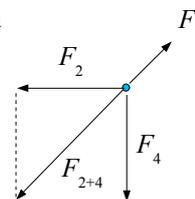
Calcola le cariche presenti sulle superfici interna ed esterna del conduttore.

4^C - Correzione compito n°1

1.

a. Sulla carica 1 agiscono le forze repulsive dovute alle cariche 2 e 4 e la forza

attrattiva dovuta alla carica 3: $F_2 = F_4 = k \frac{q^2}{l^2}$, $F_3 = k \frac{q^2}{2l^2}$.



La somma tra F_2 ed F_4 ha modulo: $F_{2+4} = k \frac{q^2}{l^2} \sqrt{2}$.

Poiché F_{2+4} ed F_3 hanno verso opposto, la loro risultante ha modulo: $F_{ris} = k \frac{q^2}{l^2} (\sqrt{2} - \frac{1}{2})$, è diretta lungo la diagonale che unisce le cariche 1 e 3, ed ha verso $3 \rightarrow 1$.

b. I campi elettrici nel centro del quadrato hanno tutti modulo $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = 2k \frac{q}{l^2}$ e sono tutti diretti lungo le diagonali del quadrato, ma E_2 ed E_4 hanno verso opposto, mentre E_1 ed E_3 hanno lo stesso verso.

Di conseguenza, il campo risultante ha modulo $E_{ris} = 4k \frac{q}{l^2}$, è diretto lungo la diagonale che unisce le cariche 1 e 3, ed ha verso $1 \rightarrow 3$.

2. Vedi pagg. 148-149 del libro di testo.

3. Quando si avvicina il corpo carico negativamente, gli elettroni liberi dentro il metallo vengono allontanati dal pomello e quindi tendono a spostarsi sulle foglioline. Quindi, all'equilibrio, la carica elettrica positiva del pomello risulterà aumentata, mentre diminuirà la carica positiva sulle foglioline, che di conseguenza si avvicinano.

4.

a. Se il corpo sospeso viene respinto dalla sbarretta, significa che esso ha carica positiva, come la sbarretta, e che quindi tra i due corpi agisce la repulsione coulombiana.

b. Se, invece, il corpo viene attratto dalla sbarretta, non possiamo concludere nulla su di esso.

Infatti, potrebbe trattarsi di:

- un corpo che possiede una carica negativa, per cui tra di esso e la sbarretta agisce l'attrazione coulombiana;
- un conduttore neutro (o, addirittura, con carica positiva), su cui la sbarretta provoca un effetto di induzione elettrostatica;
- un dielettrico neutro, su cui la sbarretta provoca un effetto di polarizzazione.

c. Sulla polarizzazione dei dielettrici, e sull'induzione elettrostatica nei conduttori, vedi pagg. 125-126 del libro di testo.

5. Entrambe le particelle sono sottoposte ad una accelerazione costante $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$.

Di conseguenza, esse percorrono la distanza d con moto uniformemente accelerato:

$$s = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow d = \frac{qE}{2m}t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2md}{qE}} \Rightarrow \frac{t_p}{t_e} = \sqrt{\frac{m_p}{m_e}}$$

dal momento che gli altri fattori hanno lo stesso valore sia per il protone che per l'elettrone.

6. Vedi pagg. 128-129 libro di testo.

7. Ricordiamo che, all'equilibrio, la carica su un conduttore si può distribuire solo sulle sue superfici, e che nei punti interni al conduttore il campo elettrostatico è nullo.

Ponendo la carica $q_2 = 10 \text{ mC}$ nella cavità, avremo una carica indotta $q_{int} = -q_2 = -10 \text{ mC}$ sulla superficie interna. Infatti, se consideriamo una superficie chiusa interna al conduttore, il flusso del campo elettrostatico attraverso tale superficie è nullo, e quindi, per il teorema di Gauss, anche la carica totale interna alla stessa superficie è nulla.

Per la conservazione della carica, sulla superficie esterna del conduttore avremo:

$$q_{est} = q_1 - q_{int} = 15 - (-10) = 25 \text{ mC} .$$

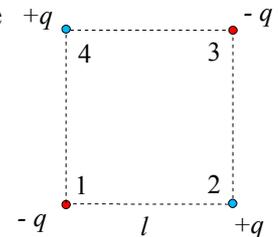
1. Due sfere metalliche uguali hanno cariche $q_1 = +1,0 \mu C$ e $q_2 = -2,0 \mu C$ e si attraggono con una forza F_0 . Le sfere vengono portate a contatto e riportate nella posizione di partenza.

Spiega se ora le sfere si attraggono o si respingono e calcola il rapporto tra la forza F_1 nella nuova configurazione ed F_0 .

2. Un corpo puntiforme di carica q e massa m si trova nell'origine degli assi, si muove con velocità v lungo l'asse x ed è soggetto ad un campo elettrico E uniforme diretto lungo il semiasse positivo delle y . Determina l'equazione della traiettoria, spiegando di quale curva si tratta.

3. Ai vertici di un quadrato di lato l sono disposte quattro cariche, come indicato in figura.

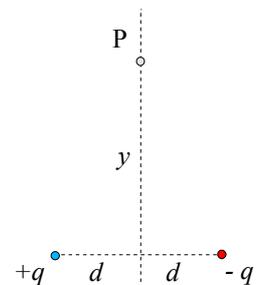
Determina modulo, direzione e verso della forza agente sulla carica 3.



4. Su una lamina piana quadrata e molto sottile di lato l viene distribuita in maniera uniforme una carica Q . Determina il campo elettrico generato da tale distribuzione nel centro della lamina.

5. Un dipolo è formato da due cariche puntiformi, di uguale valore q , ma di segno opposto, mantenute a distanza fissa $2d$.

Determina modulo, direzione e verso del campo elettrico in un punto P che si trova lungo l'asse del dipolo a distanza y dal suo centro.



4^A - Correzione compito fisica n°1

1. Dopo il contatto, ciascuna sfera ha carica $q_{fin} = \frac{q_1 + q_2}{2} = -0,5 \mu C$.

Le sfere, avendo carica dello stesso segno, si respingono.

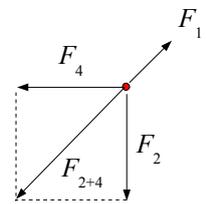
Poiché la forza dipende dal prodotto delle cariche: $\frac{F_1}{F_0} = \frac{q_{fin}^2}{q_1 q_2} = \frac{(-0,5 \mu C)^2}{(2 \mu C)^2} = \frac{1}{8} \Rightarrow F_1 = \frac{F_0}{8}$.

$$2. \begin{cases} x = vt \\ y = \frac{1}{2} at^2 = \frac{qE}{2m} t^2 \end{cases} \Rightarrow y = \frac{qE}{2mv^2} x^2 .$$

Parabola con asse di simmetria coincidente con l'asse delle ordinate e vertice nell'origine.

3. Sulla carica 3 agiscono: $F_2 = F_4 = k \frac{q^2}{l^2}$, $F_1 = k \frac{q^2}{2l^2}$.

La somma tra F_2 ed F_4 ha modulo: $F_{2+4} = k \frac{q^2}{l^2} \sqrt{2}$.



Poiché F_{2+4} ed F_1 hanno verso opposto, la loro risultante ha modulo: $F_{ris} = k \frac{q^2}{l^2} (\sqrt{2} - \frac{1}{2})$, è

diretta lungo la diagonale che unisce le cariche 1 e 3, ed è rivolta verso la carica 1.

4. Consideriamo una superficie gaussiana cilindrica di superficie di base S (molto minore dell'area della lamina) che attraversi la lamina nel suo centro.

Per simmetria, il campo elettrico E al centro della lamina è perpendicolare alla lamina stessa e non varia in maniera rilevante sulla superficie S.

Per definizione di flusso: $\Phi(E) = 2SE$. Per il teorema di Gauss: $\Phi(E) = \frac{q_{int}}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} S$.

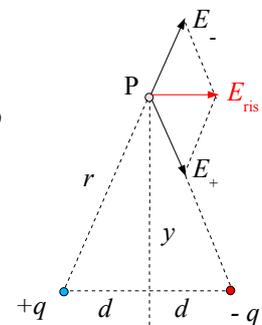
Uguagliando le due espressioni: $2SE = \frac{\sigma}{\epsilon_0} S \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2l^2\epsilon_0}$.

5. I campi delle due cariche hanno moduli: $E_1 = E_2 = k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{d^2 + y^2}$.

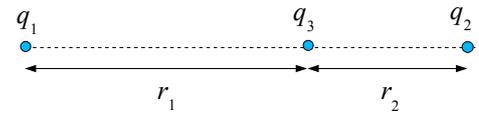
Le componenti verticali dei due campi sono opposte, e non danno contributo al campo risultante, che è dato da:

$$E_{ris} = 2E_{1x} = \frac{2kq}{d^2 + y^2} \cos \alpha = \frac{2kq}{d^2 + y^2} \cdot \frac{d}{r} = \frac{2kqd}{(d^2 + y^2)^{3/2}}$$

La direzione del campo è parallela a quella del dipolo, ed il verso va dalla carica positiva a quella negativa.



1. Tre cariche puntiformi sono allineate come in figura.

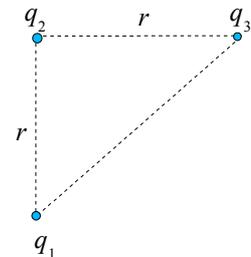


Abbiamo: $q_1 = -5,4 \mu C$, $q_2 = -2,2 \mu C$, $q_3 = +1,6 \mu C$, $r_1 = 0,75 m$, $r_2 = 0,25 m$.

Calcola modulo e verso della forza risultante che agisce sulla carica q_3 .

2. Tre cariche puntiformi sono disposte come mostrato in figura.

Sappiamo che $q_1 = q_2 = q_3 = 2,90 \mu C$ ed $r = 0,500 m$.

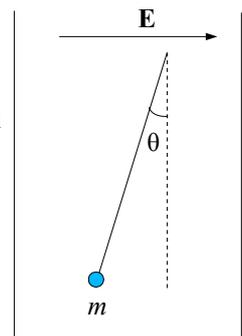


Determina modulo e direzione della forza risultante sulla carica q_3 .

3. Supponiamo che l'atomo di idrogeno sia costituito da un elettrone che, a causa della forza di attrazione elettrostatica, si muove su un'orbita circolare intorno ad un protone fermo.

Se il raggio dell'orbita è $r \simeq 5,29 \cdot 10^{-11} m$, calcola velocità e frequenza del moto dell'elettrone.

4. Una sferetta di massa $m = 2,50 \cdot 10^{-2} kg$ e carica $q = -3,10 \mu C$ è sospesa ad un filo posto tra le armature di un condensatore a facce piane e parallele in modo che il filo formi un angolo $\theta = 10,5^\circ$ con la verticale.



Calcola la tensione del filo e l'intensità del campo elettrico.

5. Determina, applicando il teorema di Gauss, modulo, direzione e verso del campo elettrico di una distribuzione di cariche piana ed infinita e, spiegando quali approssimazioni vengono introdotte, il campo elettrico di un condensatore piano.

6. Una sbarretta carica viene posta vicino ad un corpo sospeso, che viene respinto dalla sbarretta.

Puoi dedurre che il corpo sospeso è carico? Perché?

La stessa sbarretta viene posta vicino ad un corpo sospeso, che viene attratto dalla sbarretta. Puoi dedurre che il corpo sospeso è carico? Puoi dedurre se esso è conduttore o isolante? Perché?

Descrivi analogie e differenze tra il fenomeno dell'elettrizzazione per induzione e quello della polarizzazione.

5^C - Correzione compito fisica n°1

1. Sulla carica q_3 agiscono:

- la forza dovuta a q_1 : $F_{13} = -k \frac{q_1 q_3}{r_1^2} \simeq -9,0 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{5,4 \cdot 10^{-6} C \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} C}{(0,75 m)^2} \simeq -0,14 N$;
- la forza dovuta a q_2 : $F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r_2^2} \simeq 9,0 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{2,2 \cdot 10^{-6} C \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} C}{(0,25 m)^2} \simeq 0,51 N$.

La forza risultante è quindi: $F_3 \simeq +0,37 N$ (rivolta verso destra).

2. Sulla carica q_3 agiscono:

- la forza dovuta a q_2 : $F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} \simeq 8,99 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{(2,90 \cdot 10^{-6} C)^2}{(0,5 m)^2} \simeq 0,302 N$,

che è diretta verso il semiasse positivo delle ascisse.

- la forza dovuta a q_1 : $F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{(r \sqrt{2})^2} = \frac{F_{23}}{2} \simeq 0,151 N$,

che ha componenti: $F_{13x} = F_{13y} = F_{13} \cdot \sqrt{2}/2 \simeq 0,107 N$;

La forza risultante ha componenti:

- $F_{3x} = F_{13x} + F_{23} \simeq 0,107 + 0,302 \simeq 0,409 N$;
- $F_{3y} = F_{13y} \simeq 0,107 N$.

Essa ha quindi modulo: $F_3 = \sqrt{F_{3x}^2 + F_{3y}^2} \simeq \sqrt{0,409^2 + 0,107^2} \simeq 0,423 N$ e forma con il semiasse

positivo delle ascisse un angolo: $\theta = \text{arc tg} \frac{F_{3y}}{F_{3x}} \simeq \text{arc tg} \frac{0,107 N}{0,409 N} \simeq 14,7^\circ$.

3. Nel caso di moto circolare uniforme, la forza di Coulomb agisce come forza centripeta:

$$m \frac{v^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2} \Rightarrow r = e \sqrt{\frac{k}{mr}} \simeq 1,60 \cdot 10^{-19} C \cdot \sqrt{\frac{8,99 \cdot 10^9 N \cdot m^2 / C^2}{9,11 \cdot 10^{-31} kg \cdot 5,29 \cdot 10^{-11} m}} \simeq 2,19 \cdot 10^6 \frac{m}{s} ;$$

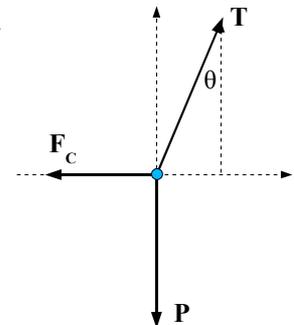
$$v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi r} \simeq \frac{2,19 \cdot 10^6 m/s}{2\pi \cdot 5,29 \cdot 10^{-11} m} \simeq 6,59 \cdot 10^{15} Hz .$$

4. Sulla sferetta agiscono la tensione T del filo, il peso $P = mg$ e la forza coulombiana $F_c = qE$.

Imponiamo le condizioni di equilibrio:

- asse y: $mg = T \cos \theta \Rightarrow T = \frac{mg}{\cos \theta} \simeq \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81}{\cos 10,5^\circ} \simeq 0,249 N$;

- asse x: $qE = T \sin \theta \Rightarrow E = \frac{T \sin \theta}{q} \simeq \frac{0,249 \cdot \sin 10,5^\circ}{3,1 \cdot 10^{-6}} \simeq 1,47 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$.



5. Vedi libro di testo pagg. 49-51 e/o appunti sul sito.

6. Se il corpo sospeso viene respinto dalla sbarretta, significa che esso è carico dello stesso segno

rispetto alla sbarretta, e che quindi tra i due corpi agisce la repulsione coulombiana.

Se, invece, il corpo viene attratto dalla sbarretta, non possiamo concludere nulla su di esso.

Infatti, potrebbe trattarsi di:

- un corpo carico di segno opposto rispetto alla sbarretta, per cui tra i due corpi agisce l'attrazione coulombiana;
- un conduttore neutro (o, addirittura, dello stesso segno rispetto alla sbarretta), su cui la sbarretta provoca un effetto di induzione elettrostatica;
- un dielettrico neutro, su cui la sbarretta provoca un effetto di polarizzazione.

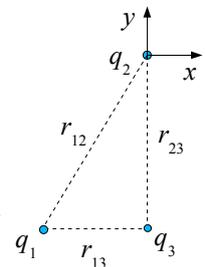
Sulla polarizzazione dei dielettrici, vedi pagg. 18-19 del libro di testo.

Sull'induzione elettrostatica nei conduttori, vedi pagg. 20-23 del libro di testo.

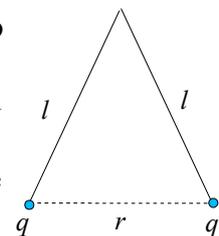
1. Determina, applicando il teorema di Gauss, modulo, direzione e verso del campo elettrico di una distribuzione di cariche piana ed infinita e, spiegando quali approssimazioni vengono introdotte, il campo elettrico di un condensatore piano.
2. Descrivi, giustificando le risposte, il campo elettrico, il potenziale e la distribuzione di carica di un conduttore in equilibrio elettrostatico.
3. Scrivi e dimostra le formule che forniscono la capacità equivalente di due condensatori collegati in parallelo e di due condensatori collegati in serie.

4. Tre cariche sono disposte ai vertici di un triangolo rettangolo.

Sapendo che $q_1=13,0\ \mu C$, $q_2=4,00\ \mu C$, $q_3=5,00\ \mu C$, $r_{13}=0,500\ m$,
 $r_{23}=0,800\ m$, determina il modulo della forza risultante F_2 agente sulla carica q_2 e l'angolo che F_2 forma con l'asse x .

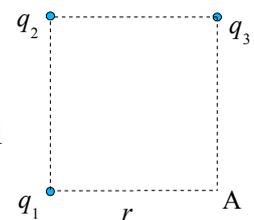


5. Due sferette, che portano cariche uguali e sono sospese a due fili appesi allo stesso vincolo, si trovano alla distanza $r=0,100\ m$. Sapendo che la massa di ciascuna sferetta è $m=5,00\cdot 10^{-3}\ kg$ e che la lunghezza del filo è $l=0,250\ m$, determina la carica di ciascuna pallina e la tensione del filo.



6. Tre cariche sono disposte in tre dei vertici di un quadrato di lato $r=1\ m$.

Sapendo che $q_1=2,00\ \mu C$, $q_2=-6,00\ \mu C$, $q_3=8,00\ \mu C$, calcola il potenziale elettrostatico nel vertice A.



7. Tre condensatori di capacità $C_1=3,00\ \mu F$, $C_2=6,00\ \mu F$, $C_3=9,00\ \mu F$ sono collegati in serie ad un generatore che fornisce una differenza di potenziale $V=50,0\ V$. Calcola: la capacità equivalente dei tre condensatori, la carica di ciascun condensatore, la differenza di potenziale ai capi di ciascun condensatore, l'energia accumulata nel circuito.

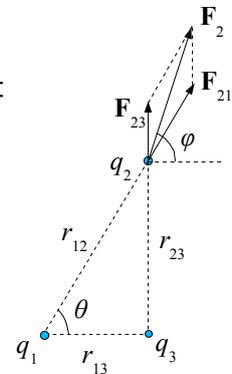
Rispondi alle stesse domande nel caso in cui i tre condensatori siano collegati in parallelo al generatore.

1. Vedi libro di testo pagg. 49-51.
2. Vedi libro di testo pagg. 46-47, 67, 70-71.
3. Vedi libro di testo pagg. 80-81.
4. Calcolo $r_{12} = \sqrt{r_{13}^2 + r_{23}^2} \simeq 0,943 \text{ m}$.

I moduli delle forze che le cariche q_1 e q_3 esercitano su q_2 sono rispettivamente:

$$F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \simeq \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 13 \cdot 10^{-6}}{0,943^2} \simeq 0,526 \text{ N}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \simeq \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,8^2} \simeq 0,281 \text{ N}$$



L'angolo θ che la forza \mathbf{F}_{21} forma con il semiasse positivo delle x è dato da:

$$\theta = \text{arc tg} \frac{r_{23}}{r_{13}} = \text{arg tg} \frac{0,5 \text{ m}}{0,8 \text{ m}} \simeq 58,0^\circ$$

Di conseguenza, le componenti cartesiane di \mathbf{F}_{21} sono:

$$(F_{21})_x = F_{21} \cos \theta \simeq 0,526 \cdot \cos 58^\circ \simeq 0,279 \text{ N} \quad \text{e} \quad (F_{21})_y = F_{21} \sin \theta \simeq 0,526 \cdot \sin 58^\circ \simeq 0,446 \text{ N}$$

Poiché il vettore \mathbf{F}_{23} ha solo componente lungo y , le componenti della risultante \mathbf{F}_2 sono:

$$(F_2)_x = (F_{21})_x \simeq 0,279 \text{ N} \quad \text{e} \quad (F_2)_y = (F_{21})_y + (F_{23})_y \simeq 0,446 + 0,281 \simeq 0,727 \text{ N}$$

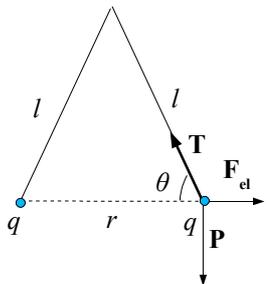
Quindi \mathbf{F}_2 ha modulo: $F_2 = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2} \simeq \sqrt{0,279^2 + 0,727^2} \simeq 0,779 \text{ N}$ e forma con il semiasse

positivo delle x un angolo: $\phi = \text{arc tg} \frac{F_{2y}}{F_{2x}} \simeq \text{arc tg} \frac{0,727}{0,279} \simeq 69,0^\circ$.

5. L'angolo θ tra il filo e l'orizzontale misura:

$$\theta = \text{arc cos} \frac{r/2}{l} = \text{arc cos} \frac{5}{25} \simeq 78,5^\circ$$

Le forze agenti su ciascuna sferetta sono il peso \mathbf{P} , la forza elettrostatica repulsiva \mathbf{F}_{el} e la tensione del filo \mathbf{T} . Impongo le condizioni di equilibrio



nelle direzioni x ed y :
$$\begin{cases} F_{el} = T \cos \theta \\ P = T \sin \theta \end{cases}$$
, da cui ricavo:

$$F_{el} = \frac{P}{\text{tg} \theta} \Rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = \frac{mg}{\text{tg} \theta} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{r^2 mg}{k \text{tg} \theta}} \simeq \sqrt{\frac{0,1^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{9 \cdot 10^9 \cdot \text{tg} 78,5^\circ}} \simeq 1,05 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

Tensione del filo: $T = \frac{mg}{\sin \theta} \simeq \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{\sin 78,5^\circ} \simeq 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ N}$.

6. $V_A = V_1 + V_2 + V_3 = k \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} \right) \simeq 9 \cdot 10^9 \left(\frac{2 \cdot 10^{-6}}{1} - \frac{6 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}} + \frac{8 \cdot 10^{-6}}{1} \right) \simeq 5,18 \cdot 10^4 \text{ V}$.

7. Consideriamo il collegamento in serie. Capacità equivalente:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{3 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{6 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{9 \cdot 10^{-6}} \simeq 6,11 \cdot 10^{-5} F^{-1} \Rightarrow C \simeq 1,64 \mu F .$$

Nel collegamento in serie, ogni condensatore ha la stessa carica, data da:

$$q = CV \simeq 1,64 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \simeq 8,20 \cdot 10^{-5} C .$$

Le d.d.p. ai capi dei condensatori sono:

$$V_1 = \frac{q}{C_1} \simeq \frac{8,18 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} \simeq 27,3 V ; \quad V_2 = \frac{q}{C_2} \simeq \frac{8,18 \cdot 10^{-5}}{6 \cdot 10^{-6}} \simeq 13,7 V , \quad V_3 = \frac{q}{C_3} \simeq \frac{8,18 \cdot 10^{-5}}{9 \cdot 10^{-6}} \simeq 9,11 V .$$

Notiamo che $V_1 + V_2 + V_3 \simeq 50 V$, che è la tensione applicata.

$$\text{Energia accumulata nel circuito: } W = \frac{1}{2} CV^2 \simeq \frac{1}{2} \cdot 1,64 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2 \simeq 2,05 \cdot 10^{-3} J$$

(che coincide con la somma delle energie accumulate nei tre condensatori).

Consideriamo il collegamento in parallelo.

$$\text{Capacità equivalente: } C = C_1 + C_2 + C_3 = 18 \mu F .$$

Nel collegamento in parallelo, ai capi di ciascun condensatore si ha la stessa d.d.p, ovvero:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V = 50 V .$$

Le cariche sui condensatori sono:

$$q_1 = C_1 V \simeq 3 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \simeq 1,50 \cdot 10^{-4} C ; \quad q_2 = C_2 V \simeq 6 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \simeq 3,00 \cdot 10^{-4} C ,$$

$$q_3 = C_3 V \simeq 9 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \simeq 4,50 \cdot 10^{-4} C .$$

Energia accumulata nel circuito:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \simeq \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2 \simeq 22,5 \cdot 10^{-3} J$$

(che coincide con la somma delle energie accumulate nei tre condensatori).