

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione A (Legge di Coulomb e campo elettrico)

Esercitatore: Stefano Argiro'

Telefono 6707303 (provvisoriamente)

Quarto piano edificio nuovo (corridoio di sinistra in fondo)

Email: stefano.argiro@to.infn.it

E. A1 : Due cariche $+q$ e $+4q$ sono poste ad una distanza L l'una dall'altra. Una terza carica viene posizionata in modo che l'intero sistema sia in equilibrio. Trovare il segno ed il valore della terza carica e la sua posizione.

E. A2 : Tre cariche puntiformi positive uguali sono poste ai vertici di un triangolo equilatero di lato $d=10\text{cm}$. Sia $q=1.0\ \mu\text{C}$ il valore di ogni carica. Calcolare la forza elettrostatica a cui e' sottoposta ciascuna di esse.

E. A3 : Quattro protoni sono disposti ai vertici di un quadrato di lato $2 \times 10^{-9}\text{m}$. Un quinto protone si trova inizialmente sulla perpendicolare al quadrato passante per il centro, ad una distanza di $2 \times 10^{-9}\text{m}$ dal centro stesso. Calcolare: *a)* la minima velocita' iniziale che il quinto protone deve avere per raggiungere il centro del quadrato e *b)* la sua accelerazione iniziale e finale.

E. A4 : Calcolare il campo elettrico generato da una spira sottile carica uniformemente nei punti del suo asse.

E. A5 : Calcolare il campo elettrico generato da un piano indefinito uniformemente carico.

E. A6 : Una particella di massa $m=2 \times 10^{-3}\text{kg}$ e carica $q_0=-10^{-10}\text{C}$ e' posta al centro di un anello di raggio $R=10\text{cm}$, su cui e' distribuita uniformemente la carica $q=10^{-8}\text{C}$.

La particella viene spostata di un tratto $x_0=0.5\text{cm}$ lungo l'asse e abbandonata. Dimostrare che la particella si muove di moto armonico intorno all'origine e determinare il periodo T delle piccole oscillazioni.

E. A7 : Due sbarrette sottili di materiale isolante, lunghe $l=0.5\text{m}$, sono disposte perpendicolarmente tra di loro. La distanza del punto P dalle estremita' delle due sbarrette e' $d=0.1\text{m}$. Determinare il valore del campo elettrostatico in P se su ciascuna sbarretta e' distribuita uniformemente la carica $q=0.5 \times 10^{-9}\text{C}$.

E. A8 : Un elettrone viene emesso lungo l'asse x con velocita' v . All'istante $t=0$, l'elettrone entra a meta' tra due armature di un condensatore piano nel vuoto, avente lunghezza l e distanza tra le armature h . Sulle armature la densita' superficiale di carica e' σ . Ad una distanza d dalla fine del condensatore e' posto uno schermo. Trascurando gli effetti di bordo:

Calcolare il valore massimo di densita' superficiale di carica per cui l'elettrone non urta le armature.

Determinare, per quel valore di densita' di carica, la coordinata y del punto di impatto sullo schermo.

Discutere la dipendenza dalla densita' di carica del tempo di arrivo dell'elettrone sullo schermo .

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione B (Teorema di Gauss)

Esercizi svolti:

Nigro Voci, Esercizi di Fisica Generale, Elettromagnetismo ed ottica , ed. Cortina

Testi di esame degli anni passati : <http://www.to.infn.it/~achiavas>

Problemi nei libri di testo: Mazzoldi-Nigro-Voci, Mencuccini-Silvestrini

E. B1 : Sia assegnata una distribuzione di carica $\rho(r) = \lambda e^{-r/a} / r^2$. Calcolare:

a) le unita' di misura di λ e a . b) la carica contenuta in tutto lo spazio c) il campo elettrico in funzione di r . d) Per quale valore di r il campo differisce del 1% dal campo che si avrebbe se la carica fosse concentrata in $r=0$?

E. B2 : Dimostrare, usando il teorema di Gauss, che 1) una carica in eccesso posta su un conduttore si dispone sulla sua superficie 2) che un conduttore cavo scherma il suo interno dal campo generato da cariche esterne, ma non il suo esterno da quello generato da cariche interne.

E. B3 : Due sfere uguali non conduttrici di raggio R hanno densita' di carica distribuita con simmetria sferica secondo la legge $\rho(r) = k r^2$. I centri delle sfere sono posti sull'asse x a distanza l dall'origine. Calcolare il campo elettrico nei punti

P1 = $(0, l/2, 0)$ e **P2** = $((R/2 - l), 0, 0)$, sapendo che $R=5\text{cm}$, $k=10^{-3} \text{ C m}^{-5}$, $l = 20\text{cm}$

E. B4 : Entro un cilindro di raggio R e' praticato un foro cilindrico parallelo all'asse, di raggio $a=R/4$. La distanza tra l'asse del cilindro e l'asse del foro e' b . Il cilindro e' carico uniformemente. Calcolare come varia il campo elettrico nel foro lungo la congiungente i due assi.

E. B5 : Un doppio strato e' costituito da due regioni planari (infinite) di carica ρ e $-\rho$ e spessore d . Determinare il campo massimo tra $-d$ e d .
($\rho = 50\text{C/m}^3$, $d=0.3 \mu\text{m}$)

E. B6 : Una sfera cava ha raggi $R_1 = 2 \text{ cm}$ e $R_2 = 9\text{cm}$, e la carica $Q = 18 \text{ nC}$ e' uniformemente distribuita. Calcolare l'espressione del campo elettrico nelle tre regioni di spazio e il suo valore massimo.

E. B7 : Due lunghi cilindri concentrici carichi hanno raggio 3.22 cm e 6.18 cm . La densita' superficiale di carica vale $24.7 \mu\text{C/m}^2$ sul cilindro esterno e $0.18 \mu\text{C/m}^2$ su quello interno. Si determini il campo elettrico per $r=4.1 \text{ cm}$ e $r = 8.2 \text{ cm}$.

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione C (Potenziale Elettrostatico)

E. C1 : Due cariche $+q$ e due cariche $-q$ di ugual valore assoluto sono poste ai vertici di un quadrato di lato $l = 14.1 \text{ cm}$. L'energia elettrostatica del sistema vale $U = -3.6 \times 10^{-5} \text{ J}$. Una carica q^* viene spostata dal punto A $(l/2, 0)$ al punto B $(0, l/2)$ compiendo un lavoro $L = 2.8 \times 10^{-7} \text{ J}$ contro le forze del campo. Determinare q e q^* .

E. C2 : Un rudimentale elettrometro è costituito da due sferette A e B conduttrici, puntiformi, di massa 10 g , che sono appese nel vuoto, tramite fili isolanti inestensibili sottilissimi, lunghi 5 cm , ad un punto O. Per contatto con un altro conduttore carico, una carica Q viene deposta su ciascuna delle sferette, le quali si spostano in una posizione di equilibrio definita da un angolo di apertura tra i fili di 150° . Calcolare (trascurando massa e polarizzazione dei fili) : a) la carica Q delle sferette b) il lavoro speso dal campo elettrico per spostarle da una distanza angolare di 5° a quella finale di 150° .

E. C3 : Su una superficie sferica di raggio $R = 10 \text{ cm}$, nel vuoto, è uniformemente distribuita una carica elettrica Q negativa. Uno ione carbonio, posto inizialmente al centro della sfera, viene lanciato radialmente verso un foro praticato nella superficie (abbastanza piccolo da poterne trascurare l'effetto). Si osserva che lo ione riesce ad allontanarsi, sfuggendo all'attrazione della sfera, quando la velocità iniziale dello stesso supera i $3.6 \times 10^6 \text{ Km/h}$. Calcolare:

- campo elettrico e potenziale all'interno della superficie sferica
- carica e densità di carica della superficie
- velocità dello ione a 1 m dal centro della sfera
- distanza alla quale la velocità dello ione è ridotta ad un centesimo del valore iniziale

E. C4 : Ad un anello di materiale isolante, di raggio R , uniformemente carico con densità lineare di carica λ , viene rimossa una sezione di lunghezza d , piccola rispetto alla lunghezza dell'anello. Calcolare ($R = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 10^{-8} \text{ C/m}$, $d = 5 \text{ mm}$, $q = 10^{-5} \text{ C}$):

- Il campo elettrico in un punto P posto sull'asse dell'anello
- La forza esercitata su una carica q al centro dell'anello
- Il potenziale nel centro dell'anello e il lavoro che occorre per spostare la carica q dall'infinito al centro dell'anello.

E. C5 : Il campo elettrostatico terrestre in condizioni di bel tempo vale E_t , diretto verso il centro della terra. Supponendo che fino ad una quota h ci sia una densità di carica distribuita uniformemente uguale e contraria alla carica presente sulla superficie, determinare

- la carica totale sulla superficie terrestre
- la differenza di potenziale tra un punto a quota h e la superficie
($R_t = 6440 \text{ Km}$, $h = 10 \text{ Km}$, $E_t = 100 \text{ V/m}$)

E. C6 : Un filo rettilineo indefinito è carico con densità lineare $-\lambda$. Una superficie cilindrica indefinita di raggio $R_0 = 2 \text{ cm}$, avente il filo come asse, è carica con densità superficiale σ . Se la ddp ΔV tra un punto P_1 distante $R_1 = 1 \text{ cm}$ dall'asse e P_2 distante $R_2 = 4 \text{ cm}$ dall'asse è nulla, quanto vale il rapporto σ/λ ?

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione D (esercizi di riepilogo sull'elettrostatica nel vuoto)

- E. D1 :** a) Calcolare, nel punto **O**, potenziale e campo elettrico dovuti ad una carica $+q$ distribuita uniformemente sulla superficie della calotta sferica di corda $d=0.014$ m. La calotta e' parte di una sfera di raggio $R=0.01$ m e centro **O**.
- b) utilizzare il risultato precedente per calcolare potenziale e campo nel centro di una sfera cava di raggio R uniformemente carica ($Q=10^{-10}$ C) dalla quale si sia asportata, con la sua frazione di carica, una calotta di corda d .
- c) Discutere se sia possibile calcolare, mediante il teorema di Gauss, il campo elettrico generato dalla sfera forata in un generico punto dello spazio.
- d) Calcolare l'accelerazione a cui e' sottoposta una particella α posta nel centro della sfera forata.

E. D2 : In un foglio isolante piano indefinito, carico con densita' superficiale di carica uniforme $\sigma = 10^{-6}$ C/m, e' praticato un foro circolare di raggio $R=0.1$ m. Sull'asse del foro, in un punto **P** distante $x=R$ dal centro **O** del foro, e' sospesa in equilibrio, tramite un filo attaccato al bordo superiore del foro, una sferetta di massa $m = 10^{-3}$ kg e carica q . Calcolare il valore di q e il lavoro che occorre spendere per spostare la sferetta, lasciata libera, da **P** a **O**.

E. D3 : Un elettrone viene emesso lungo l'asse x con velocita' v . All'istante $t=0$ l'elettrone entra a meta' tra le armature di un condensatore piano nel vuoto, avente lunghezza l e distanza tra le armature h . Sulle armature vi e' una densita' superficiale di carica σ . Ad una distanza d dalla fine delle armature e' posto uno schermo **S**. Trascurando gli effetti ai bordi del condensatore:

a) calcolare il valore massimo σ_{\max} di densita' di carica per cui l'elettrone non urta le armature.

b) determinare, per $\sigma = \sigma_{\max}$, la coordinata y del punto di impatto dell'elettrone sullo schermo

c) discutere la dipendenza della densita' di carica del tempo di arrivo dell'elettrone sullo schermo.

E. D4 : Due sfere conduttrici a grande distanza di raggio $R_1=50$ cm e $R_2=20$ cm hanno inizialmente le cariche $Q_1 = 10^{-9}$ C e $Q_2 = 2 \times 10^{-9}$ C . Determinare a) la variazione ΔV_1 del potenziale della sfera 1 dopo che le due sfere sono state collegate mediante un filo conduttore di capacita' trascurabile.

b) per quale valore iniziale di Q_2 non si sarebbe avuto trasferimento di carica tra le due sfere all'atto del collegamento.

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione E (Dipolo elettrico)

E. E1 : Un dipolo elettrico di momento $p=1.4 \times 10^{-8}$ Cm dista 2.8×10^{-2} m dall'asse di un filo conduttore lungo 3m che porta una carica totale di $12 \mu\text{C}$. Si determini la forza ed il momento della forza che si esercitano quando:

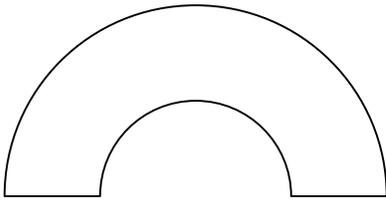
- \mathbf{p} e' parallelo al filo
- \mathbf{p} e' perpendicolare al filo
- valutare il lavoro compiuto dal dipolo quando questo passa dalla posizione a) a quella b).

E. E2 : Un dipolo elettrico e' costituito da due cariche opposte di modulo $Q= 10^{-6}$ C poste ad una distanza $l=0.02$ m. Esso si trova in un campo elettrico uniforme di intensita' 10^5 N/C. Determinare:

- il valore massimo del momento meccanico esercitato sul dipolo
- il lavoro necessario a ruotare il dipolo di 180° attorno al suo baricentro, partendo da una posizione di equilibrio stabile.

E. E3 : Sulla semicorona piana circolare disegnata in figura ($R_1=3$ cm, $R_2=5$ cm) e' distribuita uniformemente una carica $Q=1.8 \times 10^{-8}$ C . Calcolare:

- il momento di dipolo elettrico del sistema formato dal settore circolare e da una carica puntiforme $Q' = -Q$ posta al centro della semicorona
- la forza con cui la carica e' attratta dalla semicorona



E. E4 : Calcolare il potenziale generato dal quadrupolo lineare (tre cariche $+q, -2q, +q$ disposte lungo una retta ad intervallo a)

E. E5 : Un dipolo elettrico di momento $\mathbf{p}_1 = q_1 \mathbf{a}$ e' vincolato a mantenere fissa la sua configurazione (posizione e orientamento). Sulla retta individuata da \mathbf{p}_1 e nel suo verso positivo, a distanza $d \gg a$, e' disposto un secondo dipolo di momento $\mathbf{p}_2 = q_2 \mathbf{a}$. Quest'ultimo e' mantenuto in posizione fissa, ma il suo orientamento e' libero. Inizialmente l'orientamento dei due dipoli e' opposto. Quale orientamento raggiunge \mathbf{p}_2 all'equilibrio e di quanto e' variata la sua energia potenziale ? A quale forza risultante e' soggetto \mathbf{p}_2 ad opera di \mathbf{p}_1 nella situazione finale ?

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione F (Conduttori)

E. F1 : Due sfere conduttrici di raggi R_1 e R_2 sono poste nel vuoto ad una distanza x tra i centri molto grande rispetto ad R_1 e R_2 . La sfera S_1 , isolata, ha una carica q_1 e la sfera S_2 e' mantenuta al potenziale V_2 rispetto all'infinito. Calcolare il potenziale $V_1(x)$ della sfera S_1 , la carica $q_2(x)$ della sfera S_2 e la forza $F(x)$ tra le sfere in funzione della distanza x

E. F2 : Due fogli metallici sferici di spessore trascurabile, concentrici, aventi raggi $R_1=2\text{cm}$ e $R_2 = 5\text{cm}$, sono collegati con un sottile filo conduttore. Una carica $q=10^{-10}\text{C}$ e' posta al centro del sistema, ed una carica $q_0 =q$ e' posta in un punto B a distanza $d=25\text{cm}$ dal foglio esterno. Calcolare la forza esercitata da q_0 su ciascun foglio e il lavoro che occorre compiere per portare q_0 dal punto B al punto A distante $x_0=0.5\text{cm}$ dal centro del sistema.

E. F3 : Due sfere conduttrici identiche (A e B) di raggio $r=1\text{mm}$ sono poste nel vuoto con centri a distanza $d = 2\text{m}$ l'una dall'altra. Le sferette sono inizialmente cariche con cariche elettriche uguali $q=10^{-9}\text{C}$. Essendo $d \gg r$ si puo' fare l'ipotesi che le cariche si distribuiscano uniformemente sulle superfici delle sfere. Ad un dato istante la sferetta A viene collegata a terra chiudendo l'interruttore T.

- calcolare il valore della carica elettrica sulla superficie della sferetta A dopo la chiusura dell'interruttore T.
- calcolare il modulo della forza tra le due sferette
- ad un dato istante la sferetta A viene scollegata da terra e collegata alla sfera B con un filo conduttore di capacita' trascurabile. Calcolare il potenziale elettrostatico della sfera A

E. F4 : Una sfera metallica piena di raggio R ha carica $+2Q$. Una sfera cava di raggio $3R$ e' posta in posizione concentrica con la prima ed ha carica netta $-Q$. Trovare l'espressione del campo elettrico al variare della distanza r dal centro delle sfere. Calcolare la differenza di potenziale tra le due sfere. Quale sarebbe la distribuzione finale della carica se le due sfere venissero collegate con un filo conduttore ?

E. F5: Nel vuoto sono disposti due conduttori di capacita' C_A e $C_B = 3C_A$ rispettivamente. I conduttori sono isolati, ed il primo e' carico con carica $Q_A^{\text{IN}} = 1\mu\text{C}$, mentre il secondo e' inizialmente scarico. A un certo istante i conduttori vengono collegati tramite un filo metallico di capacita' trascurabile. Successivamente il collegamento viene interrotto. Calcolare le cariche che si trovano alla fine sui due conduttori.

E. F6 : Due sfere conduttrici di raggi $R_1 = 30\text{ cm}$ e $R_2 = 10\text{ cm}$ rispettivamente sono poste a distanza D molto grande rispetto ai raggi. La prima sfera e' carica con carica $Q_1 = 2 \times 10^{-8}\text{C}$ ed inizialmente il collegamento elettrico tra le sfere e' interrotto. Ad un certo istante viene chiuso l'interruttore T: determinare il valore della carica Q_2 che deve possedere la seconda sfera perche' non si abbia passaggio di carica alla chiusura dell'interruttore.

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione G (Capacità e Condensatori)

E. G1 : Dopo aver caricato due condensatori di capacità $C_1 = 5\mu\text{F}$ e $C_2 = 4\mu\text{F}$ alle ddp di $V_1 = 300\text{V}$ e $V_2 = 250\text{V}$, si collegano tra loro le armature positive e negative e viene posto in parallelo ai primi due in terzo condensatore, scarico, di capacità $C_3 = 1\mu\text{F}$. Determinare la carica presente alla fine su ciascun condensatore e la variazione di energia elettrostatica nel processo.

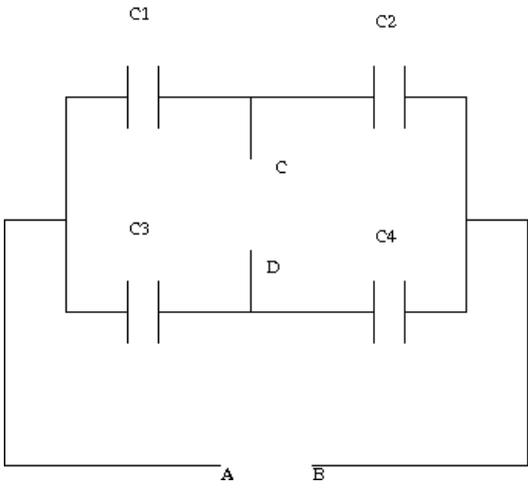
E. G2 : Quattro condensatori sono disposti come mostrato in figura. Un generatore è collegato ai terminali A e B e un elettroscopio tra C e D per misurare la ddp $V_C - V_D$. Dimostrare che l'elettroscopio segna zero se $C_1/C_2 = C_3/C_4$

E. G3 : Tre condensatori, di capacità $C_A = C$, $C_B = 2C$ e $C_C = 3C$ rispettivamente sono disposti come in figura. L'elettrodo A del condensatore di capacità C_A è tenuto a potenziale fisso $V_1 = 10\text{V}$, mentre l'elettrodo B del condensatore di capacità C_B è tenuto a $V_2 = 40\text{V}$. Qual è il potenziale V_3 dell'elettrodo C del condensatore di capacità C_C ?

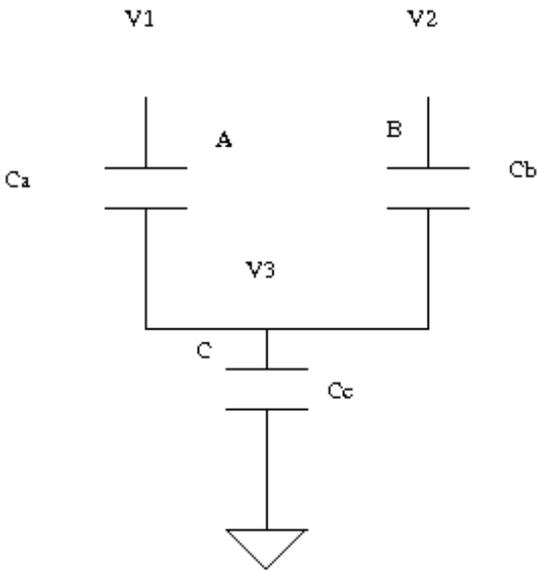
E. G4: In un condensatore piano (S, h) viene inserita parallelamente alle armature una lastra conduttrice a facce piane parallele, ciascuna di area S , e spessa x . Calcolare di quanto varia la capacità del condensatore e quanto lavoro viene speso per inserire la lastra, nelle due ipotesi che l'inserimento avvenga mantenendo costante la carica sulle due armature o costante la ddp tra le medesime ($S = 400\text{ cm}^2$, $h = 1\text{ cm}$, $x = 5\text{ mm}$, $\Delta V = 10^4\text{ V}$)

E. G5 : Un condensatore cilindrico nel vuoto, le cui armature hanno raggi a e $b = 3a$, è inizialmente caricato in modo da avere energia elettrostatica $U_{\text{in}} = 10^{-4}\text{ J}$. Tenendo il condensatore isolato, immaginare di dilatare l'armatura esterna in modo che il suo raggio cresca della quantità $\delta b = b/10$. Calcolare il corrispondente lavoro delle forze del campo elettrico.

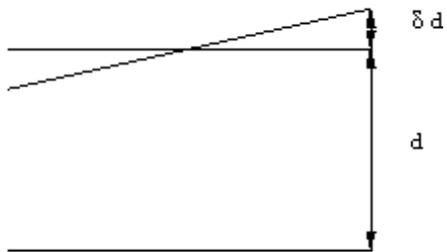
E. G6 : Un condensatore è formato da due armature quadrate di lato l , leggermente inclinate come in figura, in modo tale che $\Delta d \ll d$ e quindi le linee di forza possano considerarsi parallele. Calcolare la capacità del condensatore in funzione di $\Delta d/d$ e di C_0 , capacità con le armature allineate. Se $C_0 = 0.5\mu\text{F}$, $\Delta d/d = 0.2$ e la carica del condensatore è $q = 10^{-4}\text{ C}$, calcolare il lavoro necessario per allineare le armature a carica costante.



G2



G3



G6

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione H (Elettrostatica in presenza di dielettrici)

E. H1 : Tra le armature di un condensatore a facce piane parallele, di forma quadrata di lato $l=20$ cm, e distanti tra loro $d=0.32$ cm, è posta una lastra quadrata di dielettrico ($\epsilon_r=2$), di lato l e spessore d . La massa della lastra è $m=10.2$ g. Il condensatore viene caricato con una carica $Q=2.2 \times 10^{-6}$ C, e poi posto verticalmente nel campo gravitazionale terrestre. Se la lastra di dielettrico è libera di scorrere tra le armature, qual è la posizione di equilibrio ?

E. H2 : Due condensatori piani identici di capacità $C=44.25$ pF con distanza d tra le armature, in aria, sono collegati in serie. Un generatore mantiene costante la d.d.p. $V_0=50$ V. Un foglio di materiale isolante di costante dielettrica relativa $k=10$ di spessore $s=d/10$ e superficie uguale alle armature viene introdotto in uno dei due condensatori. Calcolare:

- la d.d.p. tra le armature del condensatore in cui è stato introdotto il dielettrico
- la variazione di energia potenziale elettrostatica posseduta dal sistema a seguito dell'introduzione del dielettrico
- il lavoro compiuto dal generatore per mantenere costante la tensione V_0 .

E. H3 : Un condensatore piano, avente armature verticali di area $\Sigma=500$ cm² distanti $d=1$ cm è collegato ad un generatore di d.d.p. $V=10^3$ V. Una lastra di dielettrico, di spessore $h=0.6$ cm e costante dielettrica relativa $k=4$, è inserita tra le armature ed è addossata a quella carica negativamente. All'armatura positiva è appesa, tramite un filo sottile isolante, una pallina di massa $m=10^{-3}$ kg e carica $q_0=5 \times 10^{-9}$ C, che rimane in equilibrio con il filo ad angolo θ dalla verticale. Calcolare il valore del campo elettrico che agisce sulla pallina, dell'angolo di equilibrio θ , della carica presente sulle armature e della carica di polarizzazione presente sulla superficie del dielettrico.

E. H4 : Una sfera conduttrice di raggio $R_0=1$ cm è circondata da un involucro sferico di raggio interno R_0 e raggio esterno $R_1=5$ cm, con costante dielettrica relativa $k=4$. Sulla sfera si trova una carica libera $q=10^{-8}$ C. Calcolare la densità delle cariche di polarizzazione. Calcolare l'energia elettrostatica del sistema.

E. H5 : Un condensatore piano è costituito da due piastre conduttrici piane e parallele di forma quadrata di lato $L=10$ cm mantenute ad una distanza fissa $d=0.5$ cm. Il condensatore è parzialmente immerso in un liquido dielettrico isotropo, lineare ed omogeneo di costante dielettrica $\epsilon_r=4$ e densità di massa $\rho=1$ g cm⁻³. Inizialmente le due piastre sono scariche e la parte sommersa delle piastre ha altezza $x_0=3$ cm. Le due piastre sono poi collegate ad un generatore di tensione $V=100$ V. In queste condizioni si osserva che il liquido si solleva fino a raggiungere un'altezza stazionaria x . Calcolare la carica elettrica presente sulle piastre al momento in cui si collega il generatore (un istante prima che il liquido inizi a salire) e l'altezza x del liquido in equilibrio.

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione I (Elettrostatica in presenza di dielettrici, dielettrici non omogenei, corrente elettrica)

I1 : Nel dielettrico di un condensatore a facce piane parallele è praticata una cavità a forma di parallelepipedo, con area di base Σ e spessore d , con la superficie Σ parallela alle armature del condensatore. Calcolare il campo elettrico all'interno della cavità nell'ipotesi che $\Sigma \gg d^2$ (cavità larga e piatta).

I2 : Nel dielettrico di un condensatore a facce piane parallele è praticata una cavità a forma di parallelepipedo, con area di base Σ e spessore d , con la superficie Σ parallela alle armature del condensatore. Calcolare il campo elettrico all'interno della cavità nell'ipotesi che $\Sigma \ll d^2$ (cavità lunga e stretta).

I3 : Lo spazio tra le armature di un condensatore piano ($\Sigma = 0.1 \text{ m}^2$, $h = 1 \text{ cm}$) è riempito da un dielettrico non omogeneo la cui costante dielettrica relativa varia in modo lineare da $k_1 = 3$ a $k_2 = 5$ passando dall'armatura positiva a quella negativa. Calcolare la capacità del condensatore e le densità di carica di polarizzazione se ai capi del condensatore c'è una d.d.p. di $V = 1000 \text{ V}$.

I4 : Un sistema è formato da due conduttori sferici concentrici. Il conduttore interno è pieno e ha raggio a , quello esterno è cavo ed ha raggio interno b e esterno c . Lo spazio compreso tra i due conduttori è riempito da un dielettrico la cui costante dipende dalla distanza r dal centro secondo la relazione : $\epsilon = \epsilon_0 + m(r-a)$. Il conduttore interno ha carica Q , quello esterno è mantenuto a potenziale costante V_0 . Calcolare :

- le cariche elettriche libere sulle tre superfici di raggio a, b, c .
- le densità superficiali delle cariche di polarizzazione $\sigma_p(a)$ e $\sigma_p(b)$ presenti sulle superfici del dielettrico e la densità volumica di carica di polarizzazione $\rho_p(r)$.

Ad un dato istante, il conduttore interno viene collegato a quello esterno. Determinare i nuovi valori delle cariche sulle tre superfici e di quelle di polarizzazione.

I5 : Il collider di particelle LHC ha una circonferenza di 26.7 km . Pacchetti di 11.5×10^{10} protoni si incrociano nei punti di interazione ogni 25 ns . Assumendo che i protoni viaggino alla velocità della luce, qual è la corrente che circola nell'anello ? Il raggio del fascio è $16 \text{ }\mu\text{m}$, calcolare la densità di corrente.

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione L (Reti di resistori e generatori)

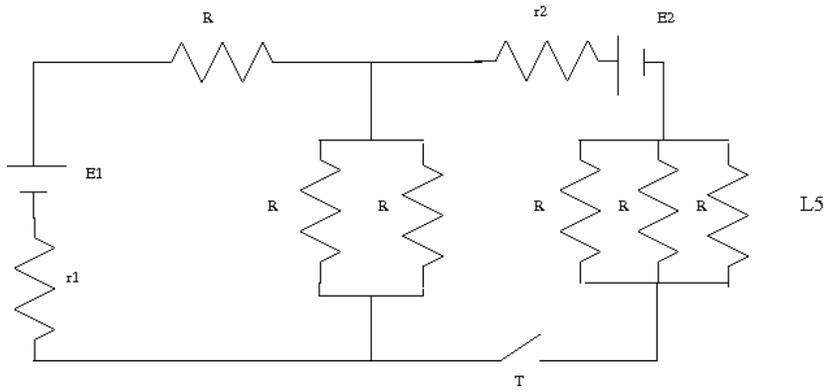
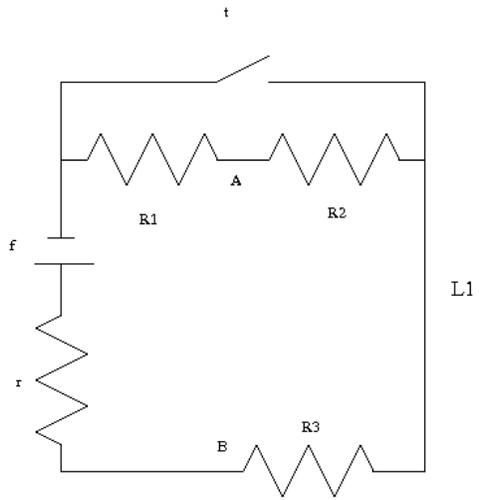
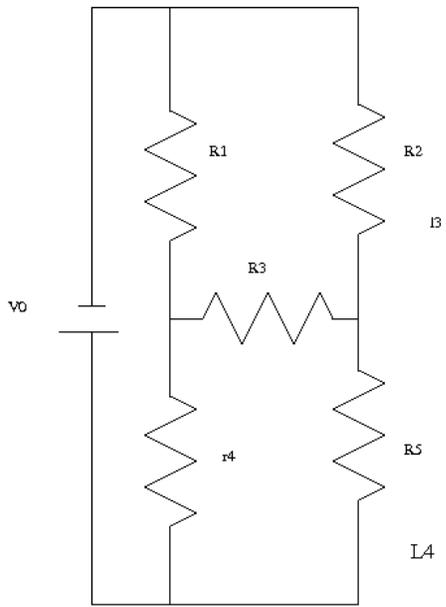
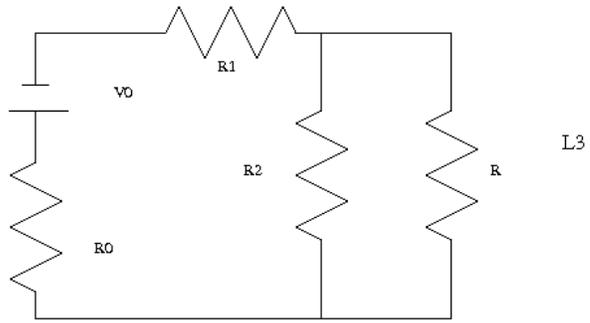
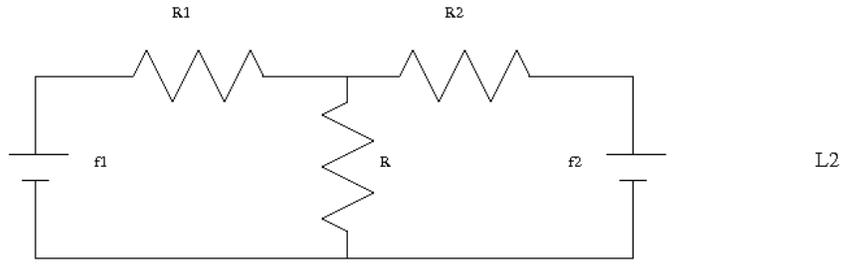
L1 : Nella rete rappresentata in figura, ricavare l'espressione della d.d.p. tra i punti B ed A, quando T è aperto e quando è chiuso.

L2 : Nella rete di figura si ha $f_1 = 10V$, $R_1 = 100\Omega$, $f_2=20V$, $R_2=200\Omega$, $R = 300 \Omega$. Calcolare la corrente stazionaria erogata dal generatore f_1 , trascurando le resistenze interne di entrambi i generatori.

L3 : Calcolare che valore deve avere R nel circuito in figura affinché sia massima la potenza in essa dissipata. Si prenda $R_0=20 \Omega$, $R_1= 30 \Omega$, $R_2=50 \Omega$

L4 : Nel circuito in figura determinare la corrente erogata dal generatore e quella che attraversa il resistore R_3 . Si assuma $V_0= 100V$, $R_1 = 10$, $R_2=20$, $R_3=30$, $R_4 = 40$, $R_5 = 50 \Omega$.

L5 : Nel circuito in figura, $V_1= 3V$, $r_1=1\Omega$, $V_2= 6V$, $r_2 = 2\Omega$, $R=6\Omega$. Calcolare la d.d.p. tra A e B e la potenza erogata dai generatori a interruttore T aperto e chiuso.



Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione M (Reti di resistori e condensatori)

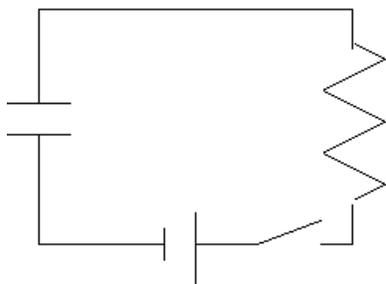
M1 : Studiare l'andamento di tensione (ai capi di R e C), corrente e potenza alla chiusura dell'interruttore nel circuito in figura.

M2 : Studiare l'andamento di tensione, corrente e potenza alla chiusura dell'interruttore nel circuito in figura. Il condensatore è inizialmente carico con carica q_0 .

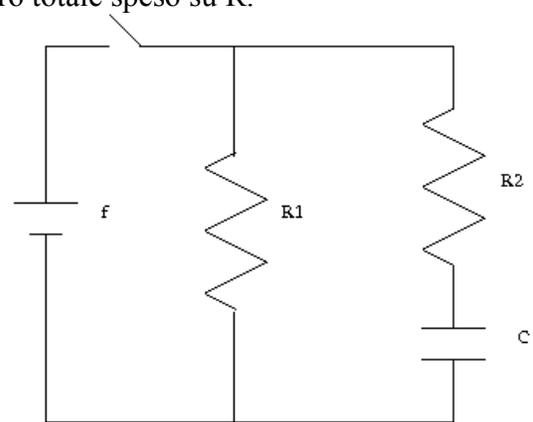
M3 : Al tempo $t=0$ viene chiuso l'interruttore del circuito descritto in figura. Il condensatore è inizialmente scarico e le resistenze interne dei generatori trascurabili. Ricavare le espressioni delle correnti che circolano nelle resistenze R1 e R2 rispettivamente, nonché la d.d.p. $v(t)$ ai capi del condensatore.

M4 : Un condensatore ($C = 10 \text{ nF}$) viene caricato attraverso un resistore ($R=15\text{K}\Omega$) mediante un generatore ($V_0= 300\text{V}$) . Una lampadina al neon L, avente potenziale di innesco $V_1=200\text{V}$ e di disinnesco $V_2=100\text{V}$, è connessa in parallelo al condensatore. Assumendo che il tempo di scarica della lampadina sia trascurabile, determinare l'intervallo di tempo tra due accensioni successive.

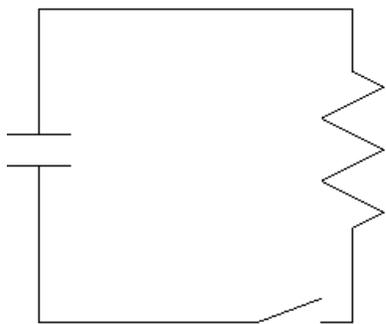
M5 : I condensatori in figura sono carichi ai potenziali $V_{0,1} = 500\text{V}$ e $V_{0,2} = 200\text{V}$. I valori delle capacità sono $C_1=2\mu\text{F}$ e $C_2= 4\mu\text{F}$, $R=3\text{M}\Omega$. All'istante $t=0$ viene chiuso l'interruttore. Calcolare come variano nel tempo le cariche e i potenziali sui condensatori e la corrente nel circuito. Dare il valore del lavoro totale speso su R.



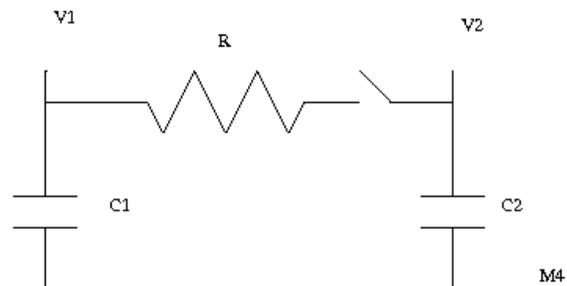
M1



M3



M2



M4

Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione N (Campo magnetico e forza di Lorentz)

N1 : Determinare il campo magnetico che si deve utilizzare in uno spettrometro di massa per separare (dopo 180°) i due isotopi del potassio ($A_1=41$, $A_2=39$) se si vuole avere una separazione spaziale di 1cm. Gli ioni sono accelerati da una d.d.p. di 10^4 V.

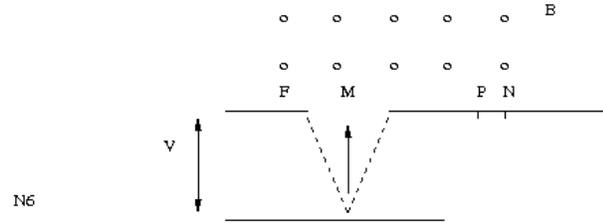
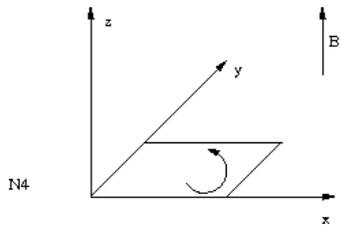
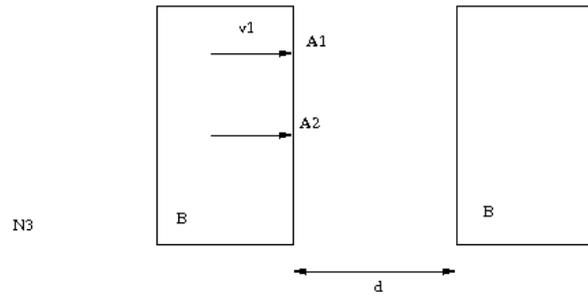
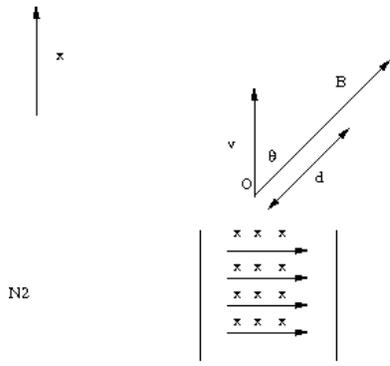
N2 : Da un selettore di velocità, che opera con campo elettrico $E_v=10^5$ V/m e campo magnetico $B_v=0.5$ T esce un fascio collimato di ioni ${}^7\text{Li}^+$. Nel punto O il fascio entra in una regione in cui esiste un campo magnetico B uniforme, parallelo al piano del disegno e formante un angolo θ con l'asse x. Dopo un tempo $t=6.28 \times 10^{-6}$ s una particella si è allontanata da O di una distanza $d=62.8$ cm percorrendo 10 giri attorno a B. Calcolare la velocità degli ioni, il valore di B, il valore di θ , il raggio r della traiettoria elicoidale.

N3 : Due griglie G_1 e G_2 metalliche parallele molto estese, distanti $d=4$ cm, tra le quali è applicata una d.d.p. V, separano due regioni in cui esiste un campo magnetico $B=0.8$ T uniforme, ortogonale al disegno. In un punto A_1 viene iniettato un protone con velocità v_1 , che all'istante $t=0$ attraversa la griglia perpendicolarmente. Dopo un tempo $t=1.22 \times 10^{-7}$ s il protone riattraversa G_1 nello stesso verso in un punto A_2 distante $h=5.2$ cm da A_1 . Descrivere la traiettoria seguita dal protone tra A_1 e A_2 , calcolare la d.d.p. V applicata tra le griglie e le velocità v_1 e v_2 del protone nelle regioni in cui c'è campo magnetico.

N4 : Una spira quadrata di lato $a=20$ cm è posta nel piano xy ed è percorsa dalla corrente $i=5$ A nel verso indicato. Essa risente dell'azione del campo magnetico $\mathbf{B}=\alpha x \mathbf{u}_z$. Con $\alpha=0.2$ T/m. Calcolare la forza che agisce sulla spira e l'energia potenziale magnetica U_p .

N5 : Si vogliono accelerare particelle α mediante un ciclotrone fino all'energia di 20MeV. La sorgente è posta al centro della macchina e si suppone che, appena uscite dalla sorgente, le particelle vengano accelerate dalla stessa d.d.p. che poi le accelererà nel passaggio da una cavità all'altra del ciclotrone. Il raggio massimo delle traiettorie (fissato dalle dimensioni della macchina) è $R_{\max}=0.5$ m, la d.d.p. acceleratrice è $V_0=10^4$ V. Calcolare il valore di B, la frequenza di ciclotrone, il numero totale di giri, il tempo necessario per passare da zero a 20 MeV.

N6: Nel dispositivo in figura, un fascetto di ioni con carica e e massa m , accelerati da una d.d.p. $V=24.5$ V, penetra attraverso una fenditura F in una regione con campo magnetico $B=10^{-2}$ T uniforme ed ortogonale al disegno. Gli ioni che attraversano perpendicolarmente la fenditura nel punto M arrivano su un rivelatore R nel punto N con $MN=35$ cm. Quelli che attraversano F in una direzione che forma con la normale un angolo θ piccolo arrivano sul rivelatore in un punto P distante d da N. Calcolare la massa degli ioni e il valore di θ per cui risulta $d / MN = 10^{-3}$.



Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione O (Sorgenti di campo magnetico, legge di Ampère)

O1 : Una corrente stazionaria scorre con densità uniforme in un cilindro conduttore molto lungo, di raggio R , posto nel vuoto. Ricavare l'espressione del campo B in funzione della distanza dall'asse del cilindro. Assumere che il conduttore, al suo interno, abbia la stessa permeabilità magnetica del vuoto.

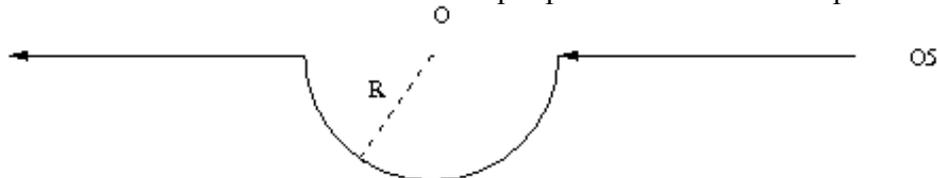
O2 : Su una superficie torica a sezione rettangolare, di raggi interno R e esterno $R+\Delta R$, sono avvolte uniformemente N spire percorse da corrente I (solenoido torico). Supponendo di essere nel vuoto, esprimere il campo B in un punto interno al toro, a distanza r dall'asse di simmetria, e la massima differenza percentuale di B all'interno del solenoide.

O3 : Due spire circolari di raggio $R=5\text{cm}$, hanno lo stesso asse e giacciono in piani paralleli, distanti $2d=R$. Esse sono percorse nello stesso verso da una corrente $i=100\text{ A}$. Calcolare il campo B sull'asse nel punto di mezzo O tra le due spire. Calcolare inoltre, mediante uno sviluppo in serie, il campo in un punto P distante x da O e trovare quale relazione deve sussistere tra d e R affinché tale campo sia costante fino al terzo ordine in x . Supponendo che la relazione trovata sia soddisfatta, calcolare entro quale intervallo, con centro in O , il campo è costante entro l'1%.

O4 : Due fili conduttori rettilinei AA' e BB' sono paralleli tra loro e le loro direzioni individuano un piano verticale. Il filo AA' , la cui lunghezza può essere assunta come infinita, è appoggiato su di un supporto orizzontale, mentre il filo BB' , che ha lunghezza $l=20\text{cm}$, e massa $m=2\text{g}$ è libero di oscillare (lungo due guide con cui stabilisce un contatto strisciante) nel piano verticale comprendente i due fili, rimanendo parallelo e al di sopra di esso. I due fili sono percorsi da correnti costanti che fluiscono in verso opposto, $I_1 = 25\text{ A}$ (su AA') e $I_2 = 100\text{ A}$. Trovare la posizione di equilibrio del filo mobile e il periodo delle piccole oscillazioni attorno alla posizione di equilibrio.

O5 : Un filo molto lungo, posto nel vuoto e percorso da corrente stazionaria, ha la configurazione mostrata in figura. Quanto vale il campo nel punto O , centro di curvatura del tratto semicircolare di raccordo tra i tratti rettilinei ?

O6 : Una lama di materiale conduttore, molto sottile e lunga, di larghezza $d=6\text{cm}$ è percorsa da corrente stazionaria $I=4.5\text{ A}$, di densità uniforme in tutto il conduttore, che fluisce secondo il verso dell'asse x . Supponendo la lama disposta nel piano xy , con l'origine equidistante dai bordi, trovare l'intensità di B in un punto di coordinate $(0,0,z)$. Dare il valore numerico per $z=10\text{ cm}$. Calcolare l'intensità di corrente che dovrebbe scorrere in un filo rettilineo indefinito per produrre lo stesso campo B alla stessa distanza.



Esercitazioni di Elettromagnetismo : sezione P (f.e.m. indotta)

P1 : Una sbarra rigida OC conduttrice, di lunghezza $l=20\text{cm}$, è saldata ad un asse rigido, conduttore, ortogonale alla sbarra stessa. L'asse è mantenuto in rotazione da una coppia di momento M ed ha velocità angolare $\omega=50\text{ rad/s}$. L'estremo C della sbarra garantisce un contatto strisciante con un nastro conduttore circolare di raggio l . Tra il nastro e l'asse di rotazione è posta la resistenza $R=100\Omega$. Il dispositivo è immerso in campo $B=0.3\text{ T}$, parallelo all'asse ed uniforme. Calcolare la corrente che passa in R e la potenza meccanica erogata dalla coppia M (trascurare attriti e le resistenze).

P2 : Una spira conduttrice rettangolare MNPQ di lati l ed h , ruota intorno al lato MN con velocità costante ω . La spira è immersa in un campo B perpendicolare all'asse di rotazione. Calcolare il massimo valore della d.d.p. tra i due punti PQ ($l=20\text{cm}$, $h=10\text{cm}$, $B=0.5\text{T}$, $\omega=150\text{ rad/s}$).

P3 : Una sbarra orizzontale lunga $b=20\text{cm}$, sezione $\Sigma=1\text{cm}^2$, densità $d=3000\text{ kg/m}^3$, resistività $\rho=2\cdot 10^{-5}\ \Omega\text{m}$, può scivolare senza attrito su due guide parallele distanti b , inclinate di 30 gradi. Le due guide (di resistenza trascurabile) sono collegate ad un generatore di f.e.m. f . Il sistema è immerso in campo $B=0.3\text{T}$ diretto secondo la verticale. Calcolare il valore di f affinché la sbarra resti ferma, la velocità limite v_0 con cui la sbarra scende se f è in corto circuito, la potenza dissipata nella sbarra quando scende con velocità v_0 .

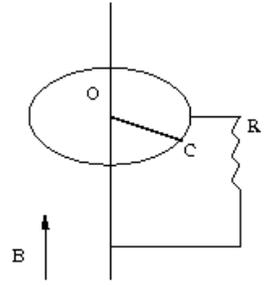
P4 : Una spira conduttrice ha forma di triangolo equilatero di lato $a=0.1\text{m}$ ed è fissata su di un piano orizzontale. Il vertice A della spira è posto a distanza a da un filo conduttore indefinito appoggiato sul piano orizzontale. Calcolare:

1. Il coefficiente di mutua induzione M tra spira e filo
2. La forza (in modulo, direzione, verso) agente sulla spira, se nel filo circola una corrente I_1 di 2 A nel senso indicato in figura e nella spira $I_2=0.1\text{ A}$ in senso antiorario.

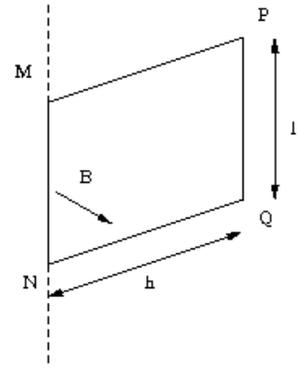
P5 : Una bobina circolare compatta formata da $N_1=3\cdot 10^3$ spire di raggio $R=25\text{ cm}$, è collegata ad un misuratore di f.e.m.; una seconda bobina compatta, coassiale alla prima e ad essa parallela, composta da $N_2=100$ spire di raggio $r=0.5\text{ cm}$, è percorsa dalla corrente $i=15\text{ A}$ e si muove lungo l'asse x con velocità costante. Calcolare il coefficiente di mutua induzione M in funzione della distanza x tra i centri e il valore $f(x)$ misurato nella prima quando la seconda ha velocità $v=20\text{ m/s}$

P6: Dato il circuito in figura, dove i generatori sono uguali con resistenza interna r , si parte da una situazione iniziale di regime in cui il commutatore è in posizione A. A $t=0$, il commutatore passa in posizione B. Ricavare l'espressione della carica $q(t)$ sul condensatore.

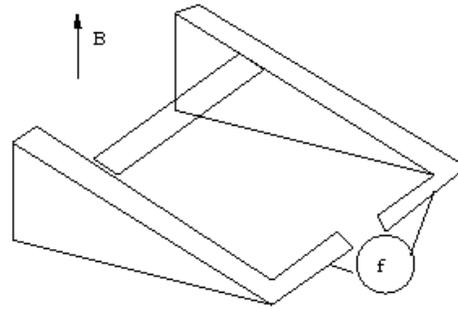
P1



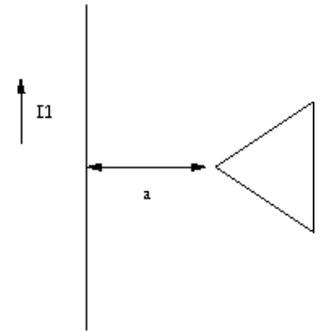
P2



P3



P4



P6

