Esercizi su elettrostatica, magnetismo, circuiti elettrici, interferenza e diffrazione

1. L'elettrone ha una massa di 9.1×10^{-31} kg ed una carica elettrica di -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 $G=6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-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.

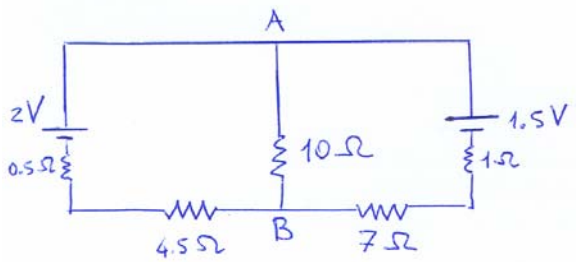
3. Due cariche puntiformi di grandezze 4×10^{-8} C e 9×10^{-8} C si trovano nel vuoto a 50 cm di distanza. In quali punti si annullano l'intensità del campo elettrico e il potenziale ?

4. Quali sono le velocità di : a) un elettrone (massa $m_e = 9.1\times 10^{-31}$ kg, carica $q_e = -1.6\times10^{-19}$ C) con energia cinetica 100 eV; b) un protone (massa $m_p = 1.67\times 10^{-27}$ kg, carica $q_p = +1.6\times10^{-19}$ C) con energia 0.5 eV; c) un nucleo di ossigeno (massa $m_O = 2.68\times10^{-26}$ kg, carica $q_O = +8\times1.6\times10^{-19}$ C) con energia 5 eV ? Se le tre particelle si muovono in un campo magnetico di induzione B = 0.8 T e la loro velocità è perpendicolare al campo, che traiettorie descrivono? Calcolare il periodo T della traiettoria e il raggio R.

5. La differenza di potenziale che dà origine ad un fulmine può raggiungere 10^9 V e la carica coinvolta può arrivare fino a 40 C. Quanta energia è liberata nella scarica?

6. 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 , 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.

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



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

9. Una resistenza da 100 Ω e una da 300 Ω sono collegate in parallelo fra loro e in serie con una terza resistenza da 50 Ω. 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 ?

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

11. Dei protoni in un ciclotrone ricevono energia ad ogni giro e quindi aumentano il raggio della loro orbita fino a raggiungere il bordo esterno dello strumento. Se il ciclotrone ha raggio 2 metri e l'intensità del campo magnetico è 0.05 Wb/m^2 , qual è l'energia dei protoni che raggiungono il bordo del ciclotrone ? Qual è il tempo di percorrenza dell'orbita ?

12. Calcolare l'induzione magnetica **B** al centro di un lungo solenoide in aria che ha 5000 spire per metro ed è percorso da una corrente di 5 A. Si inserisce poi nel solenoide un cilindro di ferro di permeabilità relativa 3000. Qual è il nuovo valore di **B** ?

13. Dei protoni (vedi massa e carica al problema 4) sono accelerati da una differenza di potenziale di 10^6 V ed entrano in una regione dove risentono di un campo magnetico di induzione 1 Wb/m^2 perpendicolare alla loro traiettoria. Qual è il raggio della circonferenza che descrivono ?

14. Un filo elettrico molto lungo è percorso da una corrente di 0.5 A. Quanto vale l'induzione del campo magnetico generato dalla corrente ad una distanza di 50 cm dal filo? Se un secondo filo, lungo 1 metro e percorso da una corrente di verso opposto e intensità 0.8 A, è posto a distanza 30 cm dal primo filo, qual è il valore della forza di cui risente ? Tale forza è attrattiva o repulsiva ?

Soluzioni

(1.) La forza elettrica è data da

$$F_e = K \frac{q_1 q_2}{d^2} = 9\cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(1.6\cdot 10^{-19})^2 C^2}{1\ m^2} = 23.04\cdot 10^{-29}\ N$$

mentre la forza gravitazionale è

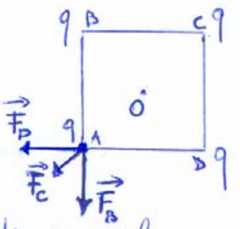
$$F_G = G\frac{m_1 m_2}{d^2} = 6.67\cdot 10^{-11}\frac{Nm^2}{Kg^2}\frac{(9.1\cdot 10^{-31})^2 Kg^2}{1\ m^2} = 552.34\cdot 10^{-73}\ N$$

Facendo il rapporto F_e/F_G si ottiene

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{23.04\cdot 10^{-29}\ N}{552.34\cdot 10^{-73}\ N} = 0.042\cdot 10^{44} = 4.2\cdot 10^{44}$$

così la forza elettrica è 20 ordini di grandezza maggiore di quella gravitazionale!

(2.)



$q = 5\cdot 10^{-10}\ C$

$\ell = 10\ cm$

Consideriamo la carica nel vertice A e calcoliamo la forza agente su di essa ad opera delle cariche nei vertici B C D. Il problema è simmetrico, quindi gli altri 3 casi si riconducono al precedente.

La forza totale che agisce su A

$$\vec{F} = \vec{F}_D + \vec{F}_C + \vec{F}_B$$

è la somma vettoriale delle forze dovute ad ogni singola carica.

$\vec{F}_D = k\frac{q^2}{\ell^2}$ orientata come in figura (direzione data da segmento $\overline{AD}$ e repulsiva)

$\vec{F}_B = k\frac{q^2}{\ell^2}$ direzione segmento $\overline{AB}$ e repulsiva

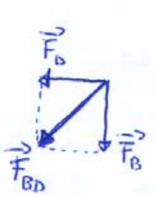
$\vec{F}_c = K\frac{q^2}{(\sqrt{2}\,\ell)^2}$ in questo caso la distanza è la diagonale del quadrato. La direzione è lungo la diagonale.

Calcoliamo il modulo delle 3 forze:

$$|\vec{F}_B| = |\vec{F}_D| = 9\cdot 10^9 \frac{(5\cdot 10^{-10})^2}{(0.1)^2} N = 2.25\cdot 10^{-7} N$$

$$|\vec{F}_C| = 9\cdot 10^9 \frac{(5\cdot 10^{-10})^2}{2\cdot (0.1)^2} N = 1.125\cdot 10^{-7} N$$

Quindi $\vec{F}_B$ e $\vec{F}_D$ sono uguali in modulo, mentre $\vec{F}_C$ è la metà.
La somma vettoriale di $\vec{F}_B$ e $\vec{F}_D$ è diretta lungo la diagonale del quadrato perché le 2 forze sono perpendicolari e di modulo uguale



$\vec{F}_{BD} = \vec{F}_B + \vec{F}_D$ e applicando regola parallelogrammo

$$|\vec{F}_{BD}| = \sqrt{2}\cdot 2.25\cdot 10^{-7} N = 3.18\cdot 10^{-7} N$$

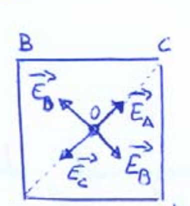
Quindi $\vec{F}_{BD}$ ha la stessa direzione e verso di $\vec{F}_C$, per cui la forza totale

$$\vec{F} = \vec{F}_B + \vec{F}_D + \vec{F}_C = \vec{F}_{BD} + \vec{F}_C$$

è ancora orientata lungo la diagonale e uscente dal vertice A
Il modulo

$$|\vec{F}| = |\vec{F}_{BD}| + |\vec{F}_C| = (3.18 + 1.125)\cdot 10^{-7} N = 4.31\cdot 10^{-7} N$$

Il campo elettrico nel centro del quadrato O, per il principio di sovrapposizione, è dato dalla somma vettoriale dei campi elettrici generati dalle 4 cariche singolarmente. Rappresentiamoli graficamente:



$\vec{E}_A$ e $\vec{E}_C$ hanno direzione lungo la diagonale AC e versi opposti (le cariche sono entrambe positive). Poiché le cariche in A e C sono uguali e $\overline{AO} = \overline{CO}$, allora anche i moduli $|\vec{E}_A|$ e $|\vec{E}_C|$ sono uguali.

Pertanto $\vec{E}_A + \vec{E}_C = 0$

Stesso ragionamento per $\vec{E}_B$ ed $\vec{E}_D$.
In conclusione il campo elettrico totale in O è <u>nullo</u>.

Il potenziale in O è

$$V = V_A + V_B + V_C + V_D$$

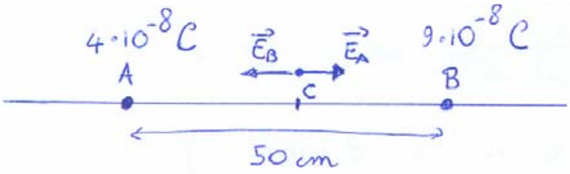
$$V_A = K \frac{q}{\left(\frac{\ell\sqrt{2}}{2}\right)} = 9 \cdot 10^9 \frac{5 \cdot 10^{-10}}{0.1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = 6.36 \cdot 10^{-9}\ V$$

è la lunghezza
del segmento AO

Il calcolo è identico per V_B, V_C, V_D, quindi

$$V = 4 \cdot V_A = 25.45 \cdot 10^{-9}\ V$$

3.



Sia C il punto in cui si annulla il campo elettrico risultante, cioè $\vec{E}_A + \vec{E}_B = 0$. Se x è la distanza di C da A, 50 − x è la distanza CB.

$$|\vec{E}_A| = k \frac{q_A}{x^2}$$

$$|\vec{E}_B| = K \frac{q_B}{(0.5 - x)^2}$$

In C i campi $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$ hanno stessa direzione, versi opposti (q_A e q_B sono +, quindi il campo è uscente) e per annullarsi, i loro moduli devono essere uguali:

$$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_B| \implies \frac{q_A}{x^2} = \frac{q_B}{(0.5 - x)^2}$$

$$q_A\,(0.5-x)^2 = q_B\,x^2$$

$$4\left(\tfrac{1}{2}-x\right)^2 = 9x^2$$

$$5x^2+4x-1=0 \qquad x = \frac{-2\pm\sqrt{4+5}}{5} = -\frac{2\pm3}{5} = \begin{cases} -1 & \text{NON VALIDA} \\ 1/5 \end{cases}$$

Il potenziale $V = V_A + V_B$ non si annulla in nessun punto perché sia V_A che V_B sono positivi.

---

(4) $E = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$ Nel limite NON relativistico

elettrone $E_e = 100\ eV = 100 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\ J = 1.6 \cdot 10^{-17}\ J$

$$v_e = \sqrt{\frac{2E_e}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-17}}{9.1 \cdot 10^{-31}}} = 0.59 \cdot 10^{7}\ m/s$$

protone $E_p = 0.5\ eV = 0.5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\ J = 8 \cdot 10^{-20}\ J$

$$v_p = \sqrt{\frac{2E_p}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-20}}{1.67 \cdot 10^{-27}}} \simeq 10^4\ m/s$$

ossigeno $E_O = 5 \cdot eV = 5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 8 \cdot 10^{-19}\ J$

$$v_O = \sqrt{\frac{2E_O}{m_O}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-19}}{2.68 \cdot 10^{-26}}} \simeq 7.72 \cdot 10^3\ m/s$$

Le 3 particelle descrivono nel campo $\vec{B}$ orbite circolari con raggio R e periodo T dati da

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

elettrone $$R = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 0.59 \cdot 10^{7}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 4.19 \cdot 10^{-5}\ m$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 9.1 \cdot 10^{-31}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 4.464 \ 10^{-11} s$$

protone

$$R = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{4}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 1.3 \cdot 10^{-4} m$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 8.19 \cdot 10^{-8} s$$

ossigeno $$R = \frac{2.68 \cdot 10^{-26} \cdot 7.72 \cdot 10^{3}}{8 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 2.02 \cdot 10^{-4} m$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 2.68 \cdot 10^{-26}}{8 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 1.64 \cdot 10^{-7} s$$

---

(5) $$E = qV = 40 C \cdot 10^{9} V = 4 \times 10^{10} J$$

(6) Il lavoro per spostare Q_1 nel campo generato da Q_2 da A a B è

$$\mathcal{L} = q_1 \cdot (V_A - V_B)$$

dove V_A e V_B sono i potenziali di Q_2 in A e B

$$V_A = k \frac{q_2}{0.1 m} = 9 \cdot 10^{9} \cdot \frac{10^{-5}}{0.1} = 9 \cdot 10^{5} V$$

$$V_B = k \frac{q_2}{1 m} = 9 \cdot 10^{9} \cdot 10^{-5} = 9 \cdot 10^{4} V$$

$$\mathcal{L} = -10^{-10} \cdot (9 \cdot 10^{5} - 9 \cdot 10^{4}) J = -8.1 \cdot 10^{-6} J$$

Il lavoro è negativo perché compiuto contro le forze del campo.

Se invece Q_1 è lasciata libera di muoversi si avvicinerà a Q_2, perché le cariche hanno segno opposto. In questo caso

$$\mathcal{L} = Q_1 \left(V_A - V_C \right)$$

$$V_C = k \frac{Q_2}{0.05} = 9 \cdot 10^9 \frac{\cdot 10^{-5}}{0.05} = 1.8 \cdot 10^6 \text{ V}$$

$$\mathcal{L} = -10^{-10} \left(9 \cdot 10^5 - 1.8 \cdot 10^6 \right) = 1.71 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Per trovare la velocità si applica il Teorema delle forze vive

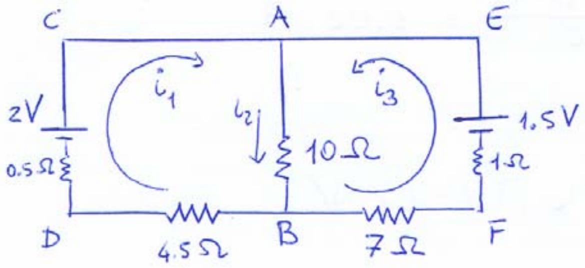
$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} m_1 v_C^2 - \frac{1}{2} m_1 v_A^2$$

$v_A = 0$ perché Q_1 parte da ferma, quindi

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} m_1 v_C^2$$

$$v_C = \sqrt{\frac{2\mathcal{L}}{m_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.71 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}}} = 0.58 \text{ m/s}$$

7



Il circuito ha 2 maglie ABDC e ABFE.
Introduciamo 3 correnti: i_1, i_2, i_3 con i versi arbitrari disegnati in figura.
Scriviamo la prima legge Kirchoff per i nodi A e B

$$i_1 + i_3 = i_2$$

Scriviamo la seconda legge Kirchoff per entrambe le maglie

ABDC $\quad 2V = i_1 \cdot (4.5+0.5) + i_2 \cdot 10$

ABFE $\quad 1.5V = i_3 \, (7+1) + i_2 \cdot 10$

Il sistema da risolvere è quindi:

$$\begin{cases} 2 = 5 i_1 + 10 i_2 \\ 1.5 = 8 i_3 + 10 i_2 \\ i_3 + i_1 = i_2 \end{cases}$$

Sostituendo la 3ª equazione nelle prime due ottengo

$$\begin{cases} 2 = 5 i_1 + 10 i_3 + 10 i_1 \\ 1.5 = 8 i_3 + 10 i_3 + 10 i_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 = 15 i_1 + 10 i_3 \Rightarrow i_3 = \dfrac{2 - 15 i_1}{10} \\ 1.5 = 10 i_1 + 18 i_3 \Leftarrow \end{cases}$$

$$1.5 = 10 i_1 + 18 \, \frac{2 - 15 i_1}{10} = 3.6 - 17 i_1$$

$$17 i_1 = 2.1 \Rightarrow i_1 = 0.12 \text{ A}$$

$i_1 = 0.12\ A$

$i_3 = \frac{2 - 15 i_1}{10} = \frac{2 - 0.12 \cdot 15}{10} = 0.02\ A$

$i_2 = i_1 + i_3 = 0.14\ A$

$V_{AB} = i_2 \cdot 10\Omega = 0.14\ A \cdot 10\ \Omega = 1.4\ V$

8) La resistenza di un conduttore è data dalla 2° legge di Ohm

$R = \rho \frac{\ell}{S}$

$\rho = 1.7 \cdot 10^{-8}\ \Omega m$

$R = 2\Omega$

Sappiamo che si vogliono usare $100\ cm^3$ di rame, sagomati come un filo cilindrico. Il volume di un cilindro V è

$V = \ell \cdot S \Rightarrow \ell = \frac{V}{S}$

Sostituendo in R

$R = \rho \frac{\ell}{S} = \rho \frac{V}{S^2}$ e ricavando S

$S = \sqrt{\frac{\rho V}{R}} = \sqrt{\frac{1.7 \cdot 10^{-8}\ \Omega m \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} m^3}{2\ \Omega}} = 0.92 \cdot 10^{-6}\ m^2$

$S = \pi r^2 \qquad r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.54\ 10^{-3}\ m$

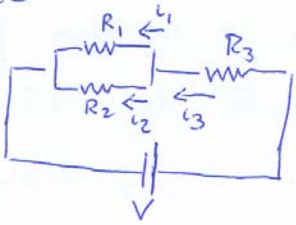
Il diametro è $d = 2 \cdot r = 1.08 \cdot 10^{-3} m = 1.08\ mm$

(9) Chiamiamo le 3 resistenze

$R_1 = 100\ \Omega$

$R_2 = 300\ \Omega$

$R_3 = 50\ \Omega$



R_1 e R_2 sono in parallelo e quindi equivalgono ad una resistenza $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{100} + \frac{1}{300}$

$$R = 75\ \Omega$$

che in serie con R_3, dà una resistenza totale del circuito

$$R_{TOT} = R + R_3 = 125\ \Omega$$

Ogni resistenza può essere attraversata da una corrente massima legata alla potenza a cui sono tarate P, dalla relazione

$\frac{P}{R} = i^2$ (che deriva da effetto Joule $P = i^2 R$)

Pertanto, le correnti massime a cui possono funzionare sono

$$i_{1\,MAX} = \sqrt{\frac{0.25\ W}{100\ \Omega}} = 0.05\ A$$

$$i_{2\,MAX} = \sqrt{\frac{0.25\ W}{300\ \Omega}} = 0.029\ A$$

$$i_{3\,MAX} = \sqrt{\frac{0.25\ W}{50\ \Omega}} = 0.071\ A$$

Poiché dal circuito, si vede che deve valere $i_3 = i_1 + i_2$ e inoltre $i_1 R_1 = i_2 R_2$ si ricava

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{300\ \Omega}{100\ \Omega} = 3$$

$$i_3 = i_1 + i_2 = 3i_2 + i_2 = 4i_2 \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} i_2 = \frac{i_3}{4} \\ i_1 = \frac{3}{4} i_3 \end{array}} *$$

Questo ci dà un criterio per scegliere quale fra le 3 resistenze può lavorare a massima potenza senza che le altre due superino il limite di 0.25 W.

- Infatti se scegliessimo di far lavorare R_3 a massima potenza cioè $i_3 = i_{3MAX} = 0.071$ A si avrebbe

$$i_1 = \frac{3}{4} i_3 = 0.053 \text{ A}$$ e ciò non va bene perché avremmo $i_1 > i_{1MAX}$

- Proviamo allora $i_1 = i_{1MAX} = 0.05$ A

Dalle relazioni in * ricaviamo

$$i_3 = \frac{4}{3} i_1 = 0.06\bar{6} \text{ A} \quad < i_{3MAX} \quad \text{OK}$$

$$i_2 = \frac{i_1}{3} = 0.016 \text{ A} \quad < i_{2MAX} \quad \text{OK}$$

Questa situazione va bene, perché le 3 resistenze lavorano al di sotto del limite di potenza dissipato.

La tensione MAX applicabile deve quindi erogare una corrente $i = i_3$ e vale

$$V = i \cdot R_{TOT} = 125 \cdot 0.06\bar{6} = 8.33 \text{ V}$$

In questa situazione le potenze dissipate dalle resistenze sono

$$W_1 = i_1^2 R_1 = 0.25 \text{ W} = P_1$$

$$W_2 = i_2^2 R_2 = 0.08\bar{3} \text{ W} < P_2$$

$$W_3 = i_3^2 R_3 = 0.22 \text{ W} < P_3$$

10) La potenza di 100 KW è fornita alla tensione di 10^4 V quindi la corrente erogata è

$$i = \frac{100\ KW}{10^4\ V} = 10\ A$$

La potenza dissipata sulla linea per effetto Joule è

$$P = i^2 R = (10\ A)^2 \cdot 5\ \Omega = 500\ W$$

Se ora la tensione è 50000 V la corrente i' è data da

$$i' = \frac{100\ KW}{5 \cdot 10^4\ V} = 2A$$

e la potenza dissipata è

$$P' = i'^2 \cdot R = 20 W$$

Quindi si avrebbe una perdita, rispetto al caso iniziale, inferiore di $P - P' = 480\ W$

11) I protoni descrivono orbite circolari, per ciascuna delle quali vale la relazione

$$R = \frac{m_p v}{qB}$$

quindi

$$v = \frac{BqR}{m_p}$$

L'energia dei protoni all'uscita del ciclotrone è

$$E = \frac{1}{2} m_p v^2 = \frac{1}{2} m_p \frac{B^2 q^2 R^2}{m_p^2} = \frac{1}{2} \frac{B^2 q^2 R^2}{m_p} =$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(0{,}05\ Wb/m^2)^2 \cdot (1.6 \cdot 10^{-19} C)^2 (2m)^2}{1.67 \cdot 10^{-27}\ kg} = 7.7 \cdot 10^{-14}\ J$$

Il periodo $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m_p}{qB} = \frac{2\pi \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.05} = 1.31 \cdot 10^{-6} s$

12) In un solenoide:

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{N}{L} \cdot i$$

dove μ_0 permeabilità magnetica del vuoto $= 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A\,m}$

μ_r permeabilità magnetica relativa

i corrente elettrica

$\frac{N}{L}$ numero di spire (avvolgimenti) per unità di lunghezza

Sostituendo i valori otteniamo

in aria $B_a = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m} \cdot 5000 \frac{1}{m} \cdot 5A = 3.14 \cdot 10^{-2} \frac{Wb}{m^2}$

in ferro $B_f = \mu_r \cdot B_a = 3000 \cdot 3.14 \cdot 10^{-2} \frac{Wb}{m^2} = 94.25 \frac{Wb}{m^2}$

13) I protoni sono accelerati da una $\Delta V = 10^6\ V$
quindi acquistano un'energia cinetica

$$E_K = q\Delta V \qquad \text{dove } q = 1.6 \cdot 10^{-19}\ C$$ è la carica del protone

$$\overset{\shortparallel}{\tfrac{1}{2} m_p v^2} \qquad m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}\ Kg$$ è la massa del protone

Ricaviamo la velocità dei protoni

$$v = \sqrt{\frac{2E_K}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 q \Delta V}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6}{1.67 \cdot 10^{-27}}} = 1.38 \cdot 10^7\ m/s$$

Il raggio dell'orbita nel campo magnetico si ottiene da

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 1.38 \cdot 10^7}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1} = 0.144\ m$$

14) $$B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i}{R}$$ legge di Biot-Savart

$$\shortparallel$$

$$\frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{0.5\ A}{0.5\ m} = 2 \cdot 10^{-7}\ \frac{Wb}{m^2}$$

La forza risentita dal secondo filo è repulsiva e vale

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i}{R} i_2 \ell_2 = B\, i_2 \ell_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 0.8 \cdot 1\ m =$$
$$= 1.6 \cdot 10^{-7}\ N$$