Nome: .... **Cognome:** .... **Matricola:** ....

Tipologia: ☐ I esonero - ☐ II esonero - ☐ scritto

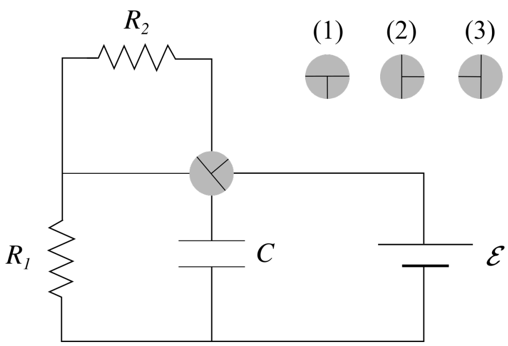
Orale: ☐ necessità (oggettiva e dimostrabile) di fare l'esame orale l'11 Febbraio

ESAME SCRITTO FISICA II - AA 2018/2019 - 22/01/2019

- Chi svolge tutto lo scritto ha **due ore** per svolgere gli esercizi
- Chi recupera uno dei due esoneri ha **un'ora** per svolgere gli esercizi
- Scrivete nome, cognome, matricola e ID del compito sui fogli che consegnate
- Chi si vuole ritirare può farlo ma *deve* consegnare questo foglio (che non verrà corretto)
- Sono vietati i telefoni: chiunque venga trovato ad utilizzare il telefono dovrà abbandonare l'aula

Elettricità

Nel circuito in figura $C = 1\,\mathrm{nF}$, $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 5\,\Omega$ e $\mathcal{E} = 15$ V. Il cerchio grigio è un dispositivo che può essere ruotato per collegare in maniera diversa gli elementi del circuito. Le uniche configurazioni da prendere in esame sono le (1), (2) e (3) disegnate in figura.



Nota Bene: tutte le domande che seguono si riferiscono sempre al comportamento del circuito in condizioni di stazionarietà.

1. Determinare per quale delle tre configurazioni la corrente che scorre in R_1 è minima **(5 punti)**.

- Nelle configurazioni (1) e (2) scorre corrente, mentre nella configurazione (3) il generatore non è connesso al circuito, e quindi $i = 0$. Quest'ultimo è chiaramente il caso di "minima corrente".

2. Calcolare la differenza tra la differenza di potenziale ai capi di R_1 nelle configurazioni (1) e (2) **(6 punti)**.

- La differenza tra la (1) e la (2) è data dal valore della resistenza collegata in parallelo a C: nel primo caso la resistenza è semplicemente $R_1 = 10\,\Omega$, mentre nel secondo vale $R\_eq = R_1 + R_2 = 15\,\Omega$. La differenza di potenziale a cui è posta questa resistenza è semplicemente $\mathcal{E}$. Nel caso (1) la d.d.p. che richiede l'esercizio è quindi proprio $\Delta V\_(1) = \mathcal{E} = 15\,\mathrm{V}$. Nel caso (2), la corrente che scorre nelle resistenze vale
$$i\_(2) = \frac{\mathcal{E}}{R\_eq} = 1\,\mathrm{A}$$
e quindi la d.d.p. ai capi di R_1 è data da
$$\Delta V\_(2) = R_1 i\_(2) = 10\,\mathrm{V}$$
La differenza tra questi due valori è $5V$.

3. Il dispositivo viene ruotato nella posizione (1). Si aspetta finché non si raggiunge la stazionarietà e poi si ruota nella posizione (3). In condizioni di stazionarietà si riempie $\mathcal{C}$ di un materiale dielettrico isotropo avente $\kappa = 3$. Calcolare la differenza di potenziale tra le armature e la carica immagazzinata dal condensatore **(6 punti)**.

- Nella posizione (1) il condensatore viene posto ad una d.d.p. $\Delta V = q/C = \mathcal{E}$. Nella posizione (3), invece, il generatore viene staccato dal circuito. Se si cambiano le proprietà del condensatore, quindi, ciò che resta costante è la carica, che vale

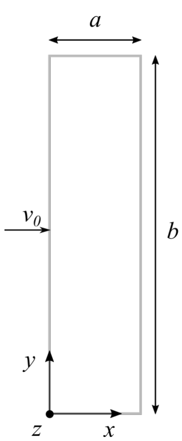
$$q = C\mathcal{E} = 1.5 \times 10^{-8}\text{nF}$$

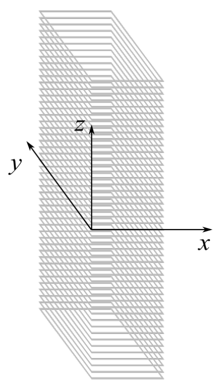
Dopo aver inserito il dielettrico la capacità diventa $C_d = \kappa C$ e quindi il potenziale tra le armature vale

$$\Delta V_d = \frac{q}{C_d} = \frac{q}{\kappa C} = \frac{\Delta V}{\kappa} = 5\,\text{V}$$

Magnetismo

Un solenoide indefinito ha una base rettangolare di dimensioni $a \times b$ ($a = 10$ cm, $b \gg a$). La densità di spire è $n = 10\,\text{cm}^{-1}$. Un fascio collimato di particelle cariche ($q = 10^{-9}$ C) entra nel solenoide con una velocità $v_0 = 10^4$ m/s ortogonale al lato lungo (vedi figura). Il fascio è composto da due specie di particelle di massa diversa ($m_1 = 10^{-16}$ kg e $m_2 = 2 \times 10^{-16}$ Kg).





1. Determinare l'intensità di corrente minima che deve scorrere nel solenoide per far sì che nessuna particella del fascio oltrepassi il punto $x = a$ (dato l'origine degli assi della figura) **(6 punti)**.

- La condizione di non superare $x = a$ si traduce nell'imporre che il raggio della traiettoria sia pari proprio ad a, cioè $r = mv/qB = a$ e quindi

$$B = \frac{mv}{qa}$$

Per capire quale delle due massa utilizzare nella relazione appena scritta, consideriamo che, a parità di campo magnetico e carica, le particelle più pesanti sono quelle che hanno una traiettoria di raggio maggiore. Dobbiamo quindi utilizzare m_2:

$$B = \frac{m_2 v}{qa} = 2 \times 10^{-2}\,\text{T}$$

All'interno di un solenoide il campo magnetico è dato dalla relazione

$$B = \mu_0 n$$

e quindi si trova che

$$i = \frac{B}{\mu_0 n} = \frac{m_2 v}{qa\mu_0 n} = 7.96\,\mathrm{A}$$

2. Date le condizioni del punto precedente, calcolare la differenza di tempo che particelle di specie diversa trascorrono all'interno del solenoide **(4 punti)**.

- Le traiettorie compiute dalle particelle sono semicirconferenze. Il tempo trascorso all'interno del solenoide è quindi metà del periodo di rotazione, che vale per le due specie:

$$t_1 = \frac{\pi r_1}{v} = \frac{\pi m_1}{qB} = 1.56 \times 10^{-5}\,\mathrm{s} \tag{1}$$

$$\tag{2}$$

$$\tag{3}$$

$$t_2 = \frac{\pi r_2}{v} = \frac{\pi m_2}{qB} = 3.14 \times 10^{-5}\,\mathrm{s}. \tag{4}$$

La differenza tra i due tempi è quindi

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 1.56 \times 10^{-5}\,\mathrm{s}$$

3. Vi è la possibilità di riempire completamente il solenoide di "nonesistonio", un materiale noto per avere una suscettività magnetica $\chi_m = -0.1$. In queste condizioni, calcolare l'intensità corrente minima che deve scorrere nel solenoide per far sì che solo una delle due specie di particelle riesca ad oltrepassare il punto $x = a$ **(6 punti)**.

- In questo caso la condizione che dobbiamo porre è che le particelle più leggere non escano dall'altro lato del solenoide (cioè non oltrepassino $x = a$), in maniera analoga a quanto fatto nel primo punto. La condizione limite sul campo magnetico è quindi:

$$B = \frac{m_1 v}{qa} = \times 10^{-2}\,\mathrm{T}$$

Un solenoide pieno di un materiale magnetico genera un campo

$$B = \mu_0 n i + \mu_0 \chi_m n i = \mu_0 \kappa_m i$$

dove in questo caso $\kappa_m = \chi_m + 1 = 0.9$. Invertendo la relazione precedente si trova

$$i = \frac{B}{\mu_0 \kappa_m n} = 8.84\,\mathrm{A}$$