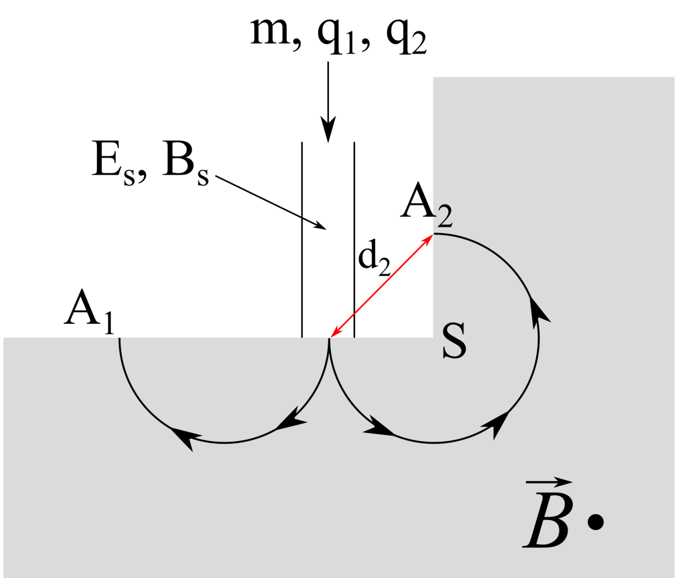
SECONDO ESONERO FISICA II - AA 2020/2021 - 23/12/2020

- Avete **due ore** per svolgere gli esercizi
- Scrivete nome, cognome, matricola e ID del compito su ogni foglio che scansionate

Primo esercizio

Un selettore di velocità in cui sono presenti un campo elettrico e un campo magnetico di moduli $E_s = 1.92 \times 10^4$ V/m e $B_s = 2 \times 10^{-4}$ T è posto all'ingresso di una regione (colorata in grigio in figura) in cui è presente un campo magnetico $\vec{B}$ uscente dal foglio e di modulo $B = 1$ T. Un fascio di particelle di eguale massa m ma carica diversa attraversa il selettore di velocità, entra nella regione di campo con energia cinetica $U_k = 7.69 \times 10^{-12}$ J e si divide in due. I due sotto-fasci colpiscono le pareti della regione di campo nei punti A_1 e A_2. Quest'ultimo punto dista $d_2 = \sqrt{2}$ m dal punto di entrata. Inoltre, le particelle del fascio di sinistra impiegano un tempo t_1 per arrivare in A_1, mentre quelle del fascio di destra impiegano un tempo $t_2 = \frac{3}{2}t_1$.



Nota Bene: le distanze tra il punto di entrata e lo spigolo S e tra quest'ultimo e il punto A_2 sono uguali. Inoltre, il valore numerico di t_1 non è necessario per svolgere l'esercizio.

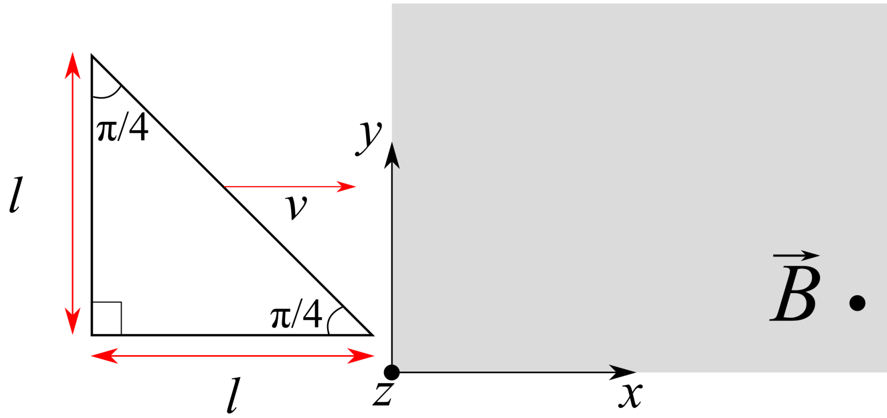
1. Determinare il valore (compreso di segno) della carica dei due tipi di particelle, q_1 e q_2 **(10 punti)**.
    - La velocità di entrambi i tipi di particelle è la stessa ed è pari a $v = E_s/B_s = 9.6 \times 10^7$ m/s. Poiché $U_k = \frac{1}{2}mv^2$ possiamo ricavarci anche la massa, che vale $m = 2Uk/v^2 = 1.67 \times 10^{-27}$ Kg. Poiché $t_1 = \pi m/|q_1|B$ e $t_2 = 3\pi m/2|q_2|B$, ma $t_2 = \frac{3}{2}t_1$, ne deduciamo che $|q_1| = |q_2|$. I segni si trovano invece considerando le traiettorie: si deve avere $q_1 > 0$ e $q_2 < 0$. Inoltre, se $r_2 = mv/|q_2|B$ è il raggio di curvatura della traiettoria delle particelle che colpiscono A_2, geometricamente si trova che $d_2 = \sqrt{2}r_2$ e quindi che $r_2 = 1$ m. Utilizzando questo valore si trova
    $$|q_2| = \frac{mv}{r_2 B} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$
2. La regione di spazio in cui è presente il campo viene riempita di un materiale di permeabilità magnetica relativa k_m. In queste condizioni il fascio di destra colpisce lo spigolo S. Determinare il valore di k_m **(6 punti)**.

- Se chiamiamo r il nuovo raggio di curvatura e d la distanza tra il punto di entrata e lo spigolo S, nelle condizioni descritte si avrà $d = 2r = 2mv/q_2 k_m B$. Utilizzando le relazioni dei punti precedenti sappiamo anche che d è anche il raggio di curvatura della traiettoria in assenza del materiale magnetico, cioè $d = mv/|q_2|B$. Eguagliando queste due relazioni troviamo

$$k_m = 2.$$

Secondo esercizio

Un spira conduttrice di resistenza R = $1\,\Omega$ avente la forma di un triangolo rettangolo isoscele di lato $l = 1$ m, giace sul piano xy e si muove lungo l'asse x con velocità **costante** $v = 0.1$ m/s, come mostrato in figura. All'istante $t_0 = 0$ entra in una zona di spazio in cui è presente un campo magnetico $B = 1$ T, uniforme e ortogonale al piano della spira.



Nota Bene: l'area di un triangolo è $ab/2$, dove a e b sono la base e l'altezza, ma nel caso di un triangolo rettangolo isoscele come quello in figura si ha sempre $a = b$.

1. Determinare l'espressione del flusso del campo magnetico che attraversa la spira in funzione del tempo **(6 punti)**.
   - Se la punta della spira ha posizione $x(t)$, allora l'area della spira che si trova all'interno della regione di campo vale $\Sigma(t) = x(t)^2/2$, e quindi, se scegliamo di calcolare il flusso sul percorso che coincide con la spira e ha normale parallela al campo si trova

$$\Phi(\vec{B}) = \frac{x(t)^2 B}{2} = \frac{B(vt)^2}{2} = \frac{Bv^2t^2}{2}$$

2. Determinare verso e intensità della corrente che fluisce nella spira in funzione del tempo **(4 punti)**.
   - La corrente si trova applicando la legge di Faraday:

$$i(t) = -\frac{1}{R}\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} = -\frac{Bv^2t}{R}$$

   dove il segno meno indica che la corrente scorre in verso orario.

3. Calcolare il tempo t_f necessario affinché la spira entri completamente nella regione di campo e la carica totale che fluisce attraverso la spira nell'intervallo di tempo $t_f - t_0$ **(6 punti)**.
   - Poiché la spira si muove a velocità costante e ha lato ha lunghezza l si trova subito $t_f = l/v = 10$ s. La carica si può trovare utilizzando, ad esempio, la legge di Felici:

$$q_f = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R} = -\frac{\Phi_2}{R} = -\frac{l^2 B}{2R} = -0.5\,\mathrm{C}.$$