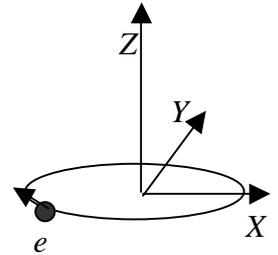


1. Un semplice modello per l'atomo di idrogeno (ovviamente scorretto dal punto di vista quantistico!) prevede che il protone sia fisso nello spazio, e l'elettrone ci ruoti attorno compiendo un'orbita circolare uniforme di raggio $a = 5 \times 10^{-11}$ m come in figura. A questo movimento si può associare una corrente elettrica stazionaria I , e il modello, ai fini delle domande di questo problema, corrisponde ad una spira circolare percorsa da questa corrente. Per le risposte, usate il sistema di riferimento in figura, dove si vede che l'orbita appartiene al piano XY e che il senso di percorrenza è orario.



a) Sapendo che la carica dell'elettrone vale $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C e supponendo che l'orbita venga percorsa con una velocità angolare $\omega = 3.9 \times 10^{15}$ rad/s, quanto vale la corrente I ? [Suggerimento: per rispondere, immaginate di trapiantare un punto dell'orbita e di misurare quanta carica passa in un dato intervallo di tempo]

$I = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ A

b) Quanto vale il **momento magnetico m** dell'atomo in direzione, verso e modulo?

Direzione e verso: $\dots\dots\dots$

$\mu = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ A m²

c) Questo semplice modello permette di interpretare grossolanamente alcuni aspetti di **magnetismo nella materia** (ad esempio, il comportamento di un materiale magnetizzato – un pezzo di calamita – può essere illustrato classicamente sulla base di “correnti elettroniche” di questo tipo). Determiniamo quindi il campo magnetico prodotto dalla nostra corrente, cominciando con il suddividere la “spira” in tanti elementini di lunghezza $d\mathbf{l}$. Quanto vale in modulo il contributo al campo magnetico $d\mathbf{B}(z)$ generato da $d\mathbf{l}$ in un punto appartenente all'asse ortogonale all'orbita (l'asse Z di figura) e posto ad una distanza z generica dal piano dell'orbita? Che direzione e verso ha? [Dovete esprimere la dipendenza funzionale usando i dati del problema, niente numeri! Potete anche fare un disegno]

$dB(z) = \dots\dots\dots$

Direzione e verso: $\dots\dots\dots$

d) Quanto vale la componente dB_z lungo l'asse Z del contributo infinitesimo di cui sopra?

$dB_z(z) = \dots\dots\dots$

e) Quanto in direzione, verso e modulo il campo magnetico $\mathbf{B}(z)$ generato da tutti gli elementini di spira?

Direzione e verso: $\dots\dots\dots$

$B(z) = \dots\dots\dots$

f) Supponendo ora che il nostro modellino atomico sia interessato da un campo magnetico **esterno** costante ed uniforme $\mathbf{B}_0 = (b, 0, b)$, con $b = 1.0 \times 10^{-3}$ T, quanto vale in modulo il momento delle forze M che agiscono sulla spira, calcolato rispetto all'asse Y ?

$M = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ N m

g) Commentate sulla (o sulle) eventuali posizioni di equilibrio per la rotazione della spira (attorno all'asse Y) indotta dal momento delle forze:

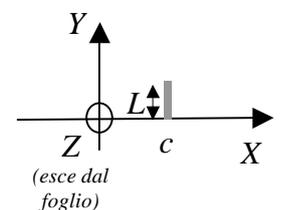
$\dots\dots\dots$

errore di battitura corretto il 22/5/05 grazie a Luigi

2. In una regione di spazio è presente un campo magnetico disomogeneo $\mathbf{B} = (ax, by, 0)$, con a e b componenti opportunamente dimensionate.

a) Ricordando l'espressione locale del “teorema di Gauss per il campo magnetico statico”, quale relazione deve esistere tra le componenti a e b ?

$b = \dots\dots\dots$



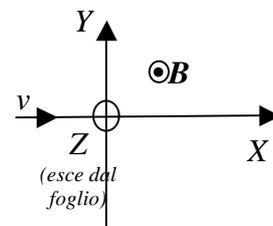
b) Considerate una superficie rettangolare di altezza H e lato L parallela al piano $x = 0$, con uno spigolo in $x = c$ (c è un'opportuna coordinata spaziale e la figura riporta una sezione della superficie, un segmento, evidenziandola in grigio). Come si esprime, componente per componente, il versore \mathbf{n} normale alla superficie (assumete positivo il verso che punta al I quadrante del sistema di riferimento)?

$$\mathbf{n} = (\dots, \dots, \dots)$$

c) Quanto vale il flusso del campo magnetico $\Phi(\mathbf{B})$ su questa superficie?

$$\Phi(\mathbf{B}) = \dots$$

3. Degli atomi ionizzati una sola volta (cioè particelle dotate di carica positiva unitaria, e) e di massa m entrano con velocità v diretta lungo l'asse X (vedi figura) in una regione dove è presente un campo magnetico omogeneo di modulo B diretto lungo l'asse Z .



a) Quanto valgono il modulo F , la direzione e il verso della forza di natura magnetica risentita dagli ioni?

$$F = \dots$$

Direzione e verso:

b) Commentate sul tipo di moto che compiono gli ioni in presenza del campo magnetico.

.....

c) Supponendo che il campo magnetico sia presente solo nel semispazio $x > 0$, che gli ioni viaggino (nel semispazio $x < 0$) lungo l'asse x (come in figura), in quale punto y_0 dell'asse Y finiranno gli ioni? [Notate che la dipendenza dalla massa della posizione di arrivo che state calcolando è alla base degli "spettrometri di massa" a campo magnetico, strumenti analitici per determinare la massa di una specie atomica o molecolare]

$$y_0 = \dots$$

d) Quanto vale il lavoro L fatto dalle forze magnetiche durante il movimento degli ioni?

$$L = \dots$$