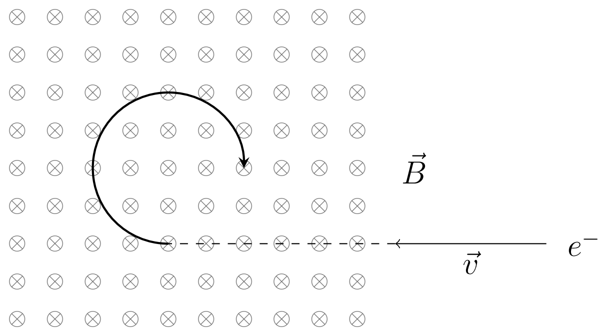
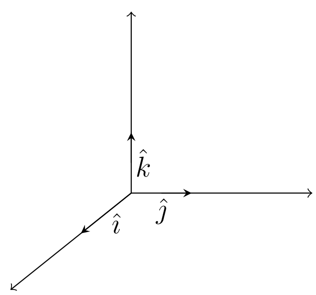
1. (a) La trajectòria que seguirà l'electró serà circular en sentit horari.



per justificar-ho, considerem el sistema de coordenades



ara podem assignar als valors que proporciona l'enunciat caràcter vectorial, de forma que podem resoldre l'exercici sense ambigüitats. Així, tindrem

$$\vec{v} = 3,00 \cdot 10^5 \,(-\hat{\jmath})\, m/s \qquad \vec{B} = 1,20\,(-\hat{\imath})\, T$$

i aplicant la llei de Lorentz, $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ tindrem

$$\begin{aligned}\vec{F} &= -1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 3,00 \cdot 10^5\,(-\hat{\jmath}) \times 1,20\,(-\hat{\imath}) \\ &= -1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 3,00 \cdot 10^5 \cdot 1,20 \cdot (\hat{\jmath} \times \hat{\imath}) \\ &= -5,76 \cdot 10^{-14}(-\hat{k}) \\ &= 5,76 \cdot 10^{-14}\hat{k}\, N\end{aligned}$$

Per calcular la freqüència de gir, escrivim la segona llei de Newton

$$F = ma$$

El mòdul de la força es pot calcular a partir de la llei de Lorentz i val

$$F = |q|vB\sin\alpha$$

i finalment

$$F = qvB$$

ja que $\vec{v}$ i $\vec{B}$ són perpendiculars.

Llavors podem establir la igualtat

$$F = ma \longrightarrow qvB = ma$$

d'on

$$q\cancel{v}B = m\frac{v^{\cancel{2}}}{r}$$

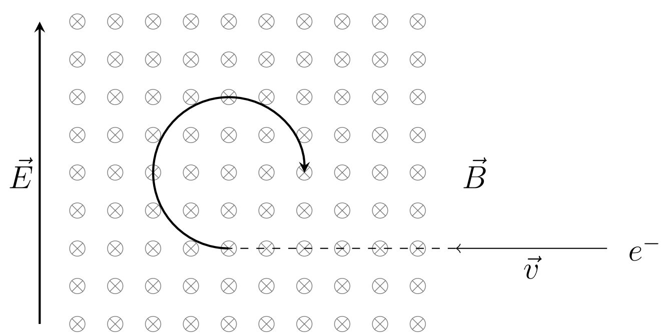
i

$$qB = m\omega \rightarrow qB = m \cdot 2\pi f$$

i finalment

$$f = \frac{qB}{2\pi m} = \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 1,20}{2\pi \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}} = 3,40 \cdot 10^{10}\, Hz = 34,0\, GHz$$

(b) Com que el camp magnètic fa una força sobre l'electró en el sentit $\hat{k}$, voldrem que el camp elèctric demanat faci la força en sentit contrari, $-\hat{k}$. Sabem que els camps elèctrics "arrosseguen" les càrregues elèctriques positives en el sentit del camp, i les negatives en sentit contrari, per tant aquest camp elèctric ha d'estar dirigit en el sentit $\hat{k}$



i el seu valor el podem trobar demanant que la força que crea sobre l'electró sigui igual a la força que li feia el camp magnètic

$$\cancel{q}E = \cancel{q}vB \rightarrow E = vB = 3,00 \cdot 10^5 \cdot 1,20 = 3,60 \cdot 10^5\, N/C$$

2. (1.) De la llei de Lorentz $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, la força sobre el protó val

$$\vec{F} = q_p(-v\,\hat{\jmath}) \times B\hat{\imath} = -q_p vB(\hat{\jmath} \times \hat{\imath}) = -q_p vB(-\hat{k}) = q_p vB\hat{k}$$

i sobre l'electró

$$\vec{F} = q_e(v\,\hat{\jmath}) \times B\hat{\imath} = -q_p(v\,\hat{\jmath}) \times B\hat{\imath} = -q_p vB(\hat{\jmath} \times \hat{\imath}) = -q_p vB(-\hat{k}) = q_p vB\hat{k}$$

(la resposta correcta és la **c)**)

(2.) La força que pateix una càrrega en el sí d'un camp elèctric es calcula com $\vec{F} = q\vec{E}$, de manera que el protó sentirà una força

$$\vec{F} = q_p E\hat{\jmath}$$

i l'electró

$$\vec{F} = q_e E\hat{\jmath} = -q_p E\hat{\jmath}$$

(la resposta correcta és la **a)**)

3. (a) Una partícula que entri en una regió on hi ha un camp magnètic (sent la velocitat de la partícula i el camp perpendiculars), sabem que patirà una força que la farà girar en sentit horari, si la partícula té càrrega negativa, i en sentit antihorari, si la partícula té càrrega positiva, tal com hem vist al primer exercici. Podem concloure que el positró serà el que gira en sentit horari. També del primer exercici tenim

$$qB = m\frac{v}{r}$$

de forma que podem deduir

$$v = \frac{qBr}{m} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 5,80}{9,11 \cdot 10^{-31}} = 2,04 \cdot 10^{8}\, m/s$$

Com veiem és una velocitat propera a la de la llum i els efectes relativistes (que nosaltres ignorem expressament aquest curs), comencen a ser importants.

4. (1.) En l'anterior exercici ja s'ha justificat que el camp que farà girar l'electró en sentit horari en el pla del paper ha de ser perpendicular i *entrant* al paper. (La resposta correcta és la **(c)**).

(2.) Segons la regla de la mà dreta, el camp que crearia una càrrega *positiva* girant en sentit horari seria perpendicular al pla de gir de la càrrega i aniria dirigit cap a dins del paper. Com es tracta d'un electró, hem de concloure que serà perpendicular però dirigit cap enfora del paper. (La resposta correcta és la **(a)**).