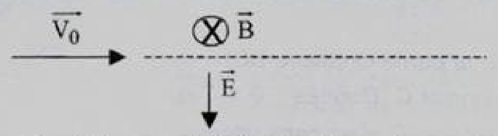
Mouvement des particules chargées

Exercice Bac série C: filtre de vitesse

Electromagnétisme (4 points)

A) Un faisceau d'électrons pénètre dans une région de l'espace où règne un champ magnétique $\vec{B}$ et un champ électrique $\vec{E}$ uniformes. Les vecteurs $\vec{B}$ et $\vec{E}$ sont orthogonaux entre eux et à la direction du faisceau comme l'indique la figure ci-après.



Les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ sont choisis de telle sorte que les électrons de vitesse $\overrightarrow{V_0}$ ne soient pas déviés et décrivent la trajectoire représentée en pointillés.

On néglige le poids de la particule devant les autres forces.

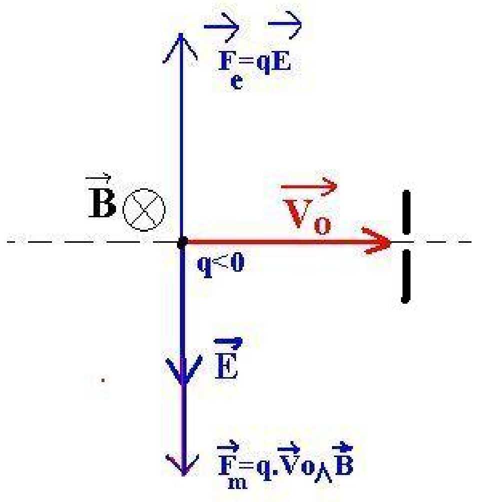
1°) Représenter sur le schéma la force électromagnétique et la force électrique. (0,5 pt)

2°) Calculer la valeur V_0 de la vitesse initiale pour que les électrons ne soient pas déviés. (1 pt)

On donne : $B = 1{,}5.10^{-2}$ T ; $E = 4{,}5.10^{5}$ V.m^{-1} ; $e = 1{,}6.10^{-19}$C.

Correction:

1°/ schéma:



2°/ La trajectoire étant rectiligne, les forces électrique et magnétique se compensent:

Le mouvement est rectiligne et uniforme.

$$\overrightarrow{F_m}+\overrightarrow{F_e}=\vec{0} \Leftrightarrow q.\overrightarrow{V_0}\wedge\vec{B}=-q.\vec{E} \text{ et donc : } \overrightarrow{V_0}\wedge\vec{B}=-\vec{E}$$

Les vecteurs Vo et B étant orthogonaux, cette égalité vectorielle entraine l'égalité entre leur intensité:

$$\left\|\overrightarrow{Vo}\right\|.\left\|\overrightarrow{B}\right\| = \left\|\overrightarrow{E}\right\|$$

relation que l'on notera plus simplement: Vo.B=E

et donc $Vo=E/B=4,5.10^{5}/1,5.10^{-2}=3.10^{7} m.s^{-1}$.

Application: seules les particules ayant cette vitesse auront une trajectoire rectiligne et passeront à travers un trou disposé dans cette direction (voir figure ci-dessus). Un tel dispositif est installé dans les tubes électroniques afin d'obtenir un faisceau d'électrons ayant la même vitesse (homocinétique).

Autre exercice: série D

<u>ELECTROMAGNETISME</u> *(4 points)*

Les deux parties A et B sont indépendantes.

<u>Partie A</u> **(2 points)**

Un proton H^+ de charge $q = +e = 1,6.10^{-19}C$, de masse $m_P = 1,67.10^{-27} kg$ est accéléré entre deux plaques (A) et (B) par une tension U telle que $|U| = |V_B - V_A| = 835V$ (Voir figure 1).

1°) a – Quel doit-être le signe de la tension $V_B - V_A$ pour que le proton H^+ soit accéléré entre les deux plaques (A) et (B) ? **(0,5 pt)**

b – Déterminer la vitesse V_0 du proton en O_2 sachant qu'elle est émise en O_1, sans vitesse initiale. **(0,5 pt)**

2°) Le proton entre ensuite avec la vitesse $\overrightarrow{v_0}$ dans la région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire à $\overrightarrow{v_0}$ et délimité par le rectangle QRST tel que QR = a et QT = 2a . Le point O_2 se trouve au milieu de QT.

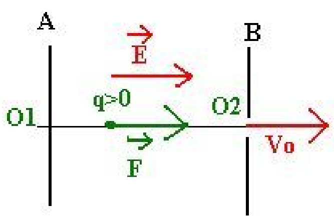
Déterminer le sens de $\vec{B}$ pour que le proton sorte au point R et calculer l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ sachant que QR = a =10cm. **(1,0 pt)**

Corrigé

Dans le texte, les vecteurs sont indiqués en caractères gras

1°/ La particule portant une charge q=e positive est soumise à une force électrique F orientée de A vers B de même sens que le vecteur champ E (voir figure).

Le vecteur E doit donc être orienté de A vers B. Le sens de E est celui des potentiels décroissants et donc $V_B<V_A$ et $V_B-V_A<0$



Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre O_1 et O_2:

$$\frac{1}{2}.m.Vo^2 - 0 = W_{(\vec{F})(A \to B)} = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = q.\vec{E}.\overrightarrow{AB} = e(.V_A - V_B)$$

$$Vo = \sqrt{\frac{2.e(VA - VB)}{m}} = \sqrt{\frac{2.1{,}6.10^{-19}.835}{1{,}67.10^{-27}}} = 4{,}0.10^5 m.s^{-1}$$

2°/ sens du vecteur B

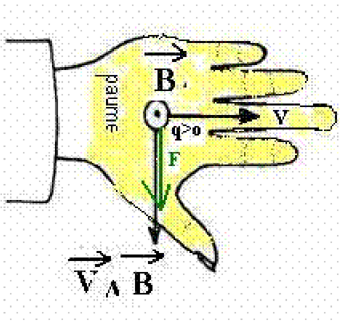
La particule chargée est soumise à la force:

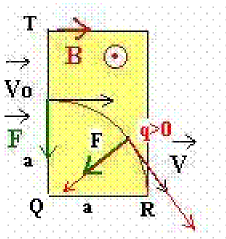
$$\vec{F} = q.\vec{V}_\wedge \vec{B}$$

Valeur du champ:

Supposons que «le vecteur B pointe vers le lecteur» (cf. ci-dessous)

Plaçons la main droite le long de V comme l'indique la figure, la paume orientée vers B, le pouce indique le sens du produit vectoriel de V et B (et donc aussi le sens de la force F puisque q>0), ce qui permet une déviation vers le point R. C'est donc le bon choix.





Une démonstration simple (que l'on pourra revoir en cliquant sur le lien ci-dessous) montre que, puisque le vecteur vitesse Vo est orthogonal à B, la particule est animée d'un mouvement circulaire uniforme de rayon:

$$r = \frac{m.Vo}{e.B}$$

La particule devant passer par le point R, posons rayon r=a et

$$B = \frac{m.Vo}{e.a} = \frac{1{,}67.10^{-27}.4.10^5}{1{,}6.10^{-19}.0.1} = 4{,}1.10^{-2}T$$