TITRE : Déviation d'un ${}^{\circ}$ d'électron par un champ $\vec{B}$ et un champ $\vec{E}$ uniforme

Étudiants : Marion Mélanie

LP associées : LP15

Bibliographie : Montages de physique, Bellier

Objectifs de la manipulation :

Déterminer le rapport $\frac{e}{m}$ (charge sur masse) de l'électron en le déviant dans un champ $\vec{B}$ ou dans un champ $\vec{E}$.

Matériel & sécurité :

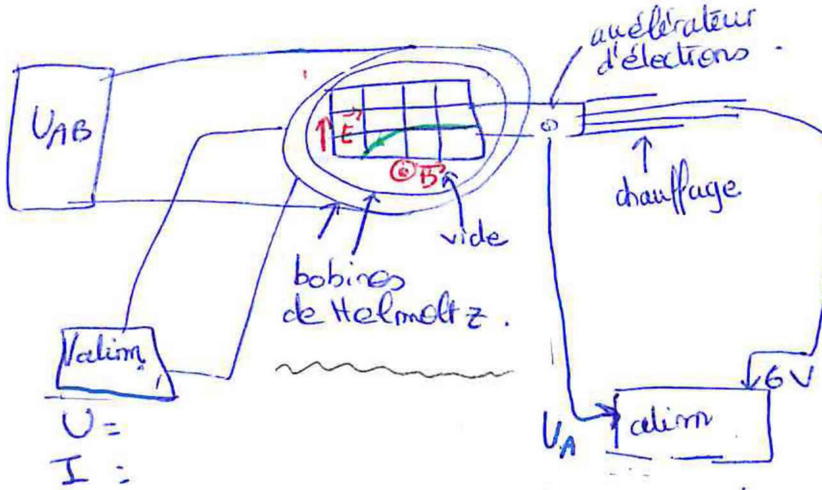
- bobines de Helmoltz
- 3 alimentations
- canon à électrons.
- logiciel image J

Spécificités du matériel, trucs et astuces :

Branchement des bobines : max 12V et 750 mA et sur une courte durée

Consignes pour la prise de mesure :

Schéma de principe :



U =
I :

bobines :
n = 320 spires
r = 0,068 cm.

Ce schéma peut gagner en clarté... Où est le condensateur ?

Protocole, résultats et exploitation :

I) Déviation dans un champ $\vec{B}$

$x \leftarrow z, \downarrow y$

1) Théorie

RFD appliqué à l'électron (poids négligé)

$$q\vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a}$$

$$q\vec{v} \wedge B\vec{u_z} = m\vec{a}$$

$$q\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} qv_yB \\ -qv_xB \\ 0 \end{pmatrix}$$

selon x : $qv_yB = m\dot{v_x}$

selon y : $-qv_xB = m\dot{v_y}$.

$$\begin{cases} \dot{v_x} - \frac{eB}{m}v_y = 0 \\ \dot{v_y} + \frac{eB}{m}v_x = 0 \end{cases}$$

Protocole, résultats et exploitation :

On pose $a = x + iy$.

$$\ddot{x} - \frac{eB}{m}\dot{y} = 0$$

$$i\ddot{y} + \frac{ieB}{m}\dot{x} = 0$$

$$\ddot{x} + i\ddot{y} - \frac{eB}{m}\left(i^2\dot{y} - i\dot{x}\right) = 0$$

$$\ddot{a} + i\frac{eB}{m}\dot{a} = 0.$$

$$\dot{a} = A e^{\frac{ieBt}{m}}$$

$$= A\left[\cos\left(\frac{eBt}{m}\right) + i\sin\left(\frac{eBt}{m}\right)\right]$$

$$a = \frac{Am}{eB}\sin\left(\frac{eBt}{m}\right) - Ai\frac{m}{eB}\cos\left(\frac{eBt}{m}\right)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x(t) = \frac{Am}{eB}\sin\left(\frac{eBt}{m}\right) \\ y(t) = -\frac{Am}{eB}\cos\left(\frac{eBt}{m}\right). \end{cases}$$

TB ✓

Trajectoire est un cercle de rayon R :

$$R^2 = x^2 + (R-y)^2$$

$$\Rightarrow y = \frac{x^2+y^2}{2R}$$

En représentant y en fonction de x^2+y^2 on obtient une droite de pente $\frac{1}{2R}$. $\Rightarrow$ obtention de R.

Or $\frac{e}{m} = \frac{2U_A}{R^2B^2}$.

Connaissant B, on remonte à $\frac{e}{m}$. ✓

2) Protocole

On applique une tension accélératrice $U_A = 2{,}9$ kV.
Pour les bobines : $i = 2{,}36$ A, $V = 31{,}2$ V. ⚠ montage bobine
On prend en photo la trajectoire des électrons et avec le logiciel ImageJ, on relève les coordonnées des points de la trajectoire. Puis on trace $y = f(x^2+y^2)$ sur regressi.

Commentaires, questions, remarques :

3) Résultats

courbe n'a pas la bonne allure ...

Question : des idées ? → voir peut être limite des bobines de Helmotz

II) Déviation dans un champ $\vec{E}$.

1) Théorie

Equation de la trajectoire de l'électron (à retrouver avec le PFD)

$$y(x) = \frac{eE}{2mV_0^2} x^2 .$$

avec $E = \frac{U_{AB}}{d}$ et $V_0 = \sqrt{\frac{2|e|U}{m}}$ (obtenu en appliquant le théorème du moment cinétique à l'électron)

$d = 5{,}4$ cm

2) Protocole

On applique une tension $U_{AB} = 2$ kV.

On prend en photo la trajectoire de l'électron puis on prend plusieurs points x, y avec le logiciel ImageJ. Avec regressi on modélise la courbe pour obtenir $y = ax^2$.

Avec la valeur de a, on remonte à $\frac{e}{m}$:

$$a = \frac{eE}{2mV_0^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2aV_0^2}{E}$$

3) Résultats.

$$V_0 = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6.10^{-19} \times 2.10^{3}}{9{,}1094 \cdot 10^{-31}}} = 2{,}7.10^{7} \text{ m/s}.$$

On trouve $a = 2{,}97 \text{ m}^{-1}$.

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \times 2{,}97 \times (2{,}7.10^{7})^2}{2.10^3} \times 5{,}4.10^{-2} = 1{,}17.10^{11} \text{ C/kg}$$

Comparaison avec la valeur théorique : $\frac{e}{m} = \frac{1{,}6.10^{-19}}{9{,}1094.10^{-31}} = 1{,}76.10^{11}$ C/kg.

⇒ Calcul d'incertitude à faire