

Tube à faisceau électronique filiforme

DETERMINATION DE LA CHARGE SPECIFIQUE DE L'ELECTRON

- Démonstration de la déviation des électrons sur une trajectoire circulaire fermée dans un champ magnétique uniforme.
- Détermination de l'intensité du courant IH parcourant des bobines de Helmholtz en fonction de la tension d'accélération U du canon à électrons étant donné un rayon constant r d'une trajectoire circulaire.
- Détermination de la charge spécifique e / m de l'électron à partir des valeurs mesurées.

UE307070

08/06 UK

NOTIONS DE BASE GENERALES

Dans un tube à faisceau électronique filiforme, les électrons se déplacent sur une trajectoire circulaire dans un champ magnétique uniforme. Pour une pression exactement réglée, le tube contient du gaz néon ; les chocs des électrons le long de la trajectoire circulaire provoquant alors une ionisation des atomes gazeux dont le rayonnement sera excité. Ce qui permettra de visualiser indirectement la trajectoire circulaire des électrons ; et il sera alors possible de mesurer directement leur rayon de trajectoire à l'aide d'une règle graduée. La tension d'accélération U du canon à électrons et le champ magnétique B étant connus, il est possible de calculer la charge spécifique e/m de l'électron à partir du rayon r de la trajectoire circulaire :

Sur un électron se déplaçant à une vitesse v perpendiculairement par rapport à un champ magnétique uniforme B, la force de Lorentz agit perpendiculairement par rapport à la vitesse et au champ magnétique.

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

e : charge élémentaire

Elle soumet en tant que force centripète l'électron

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

m : masse de l'électron

sur une trajectoire circulaire au rayon r. D'où en découle :

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

La vitesse v dépend de la tension d'accélération U du canon à électrons :

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Pour la charge spécifique de l'électron, l'équation susmentionnée s'applique alors :

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Si, étant donné différentes tensions d'accélération U et différents champs magnétiques B, nous mesurons les rayons respectifs r d'une trajectoire circulaire, les valeurs mesurées s'inscrivent alors dans un diagramme $r^2 B^2 - 2U$ conformément à l'équation (5) sur une droite d'origine dont la pente est e / m.

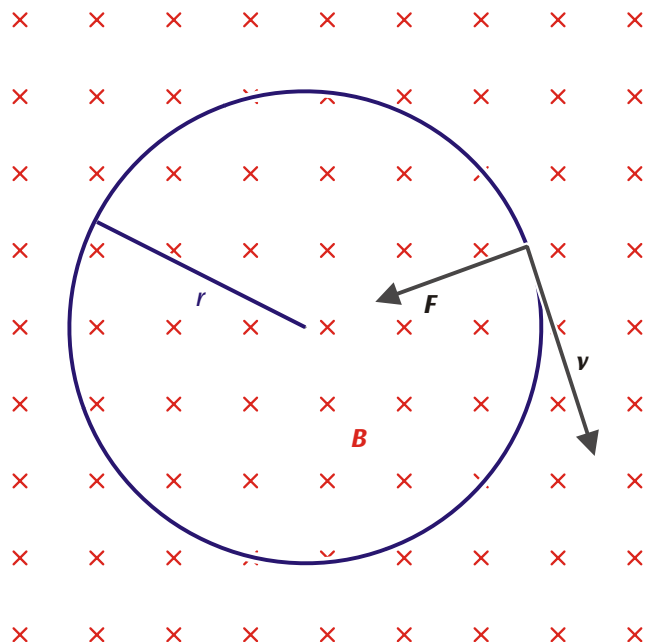


Fig. 1 : Déviation des électrons à une vitesse v dans un champ magnétique B sur une trajectoire circulaire fermée au rayon r sous l'influence de la force de Lorentz F.

LISTE DES APPAREILS

1	Tube à pinceau étroit	U8481420
1	Bobines de Helmholtz, 300 mm	U8481500
1	Alimentation CC, 0–500 V	U33000
1	ampèremètre CC, 3 A, par ex.	U17450
1	Jeu de 15 câbles expérimentaux de sécurité	U138021

RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Le tube à faisceau électronique filiforme est un piston évacué, en verre à parois minces. Manipulez-le avec précautions : Risque d'implosion !

- Ne soumettez jamais le tube à faisceau électronique filiforme à des contraintes mécaniques !
- Afin d'éviter les contraintes mécaniques, ne branchez les connecteurs mâles qu'avec un seul câble expérimental à la fois.

Une tension de contact dangereuse est appliquée sur le tube à faisceau électronique filiforme :

- Pour les raccordements, n'utilisez que des câbles expérimentaux de sécurité.
- N'effectuez les câblages qu'après avoir mis l'appareil d'alimentation hors tension.
- Ne montez et ne démontez le tube qu'après avoir mis l'appareil d'alimentation hors tension.

MONTAGE DE L'APPAREILLAGE EXPERIMENTAL

Remarques :

Afin de mieux pouvoir observer le rayon d'électrons, l'essai expérimental devrait se dérouler dans une salle occultée.

Au cours du montage, veillez à ce que les blocs d'alimentation restent hors tension et à ce que tous les convertisseurs de tension soient tournés vers la gauche.

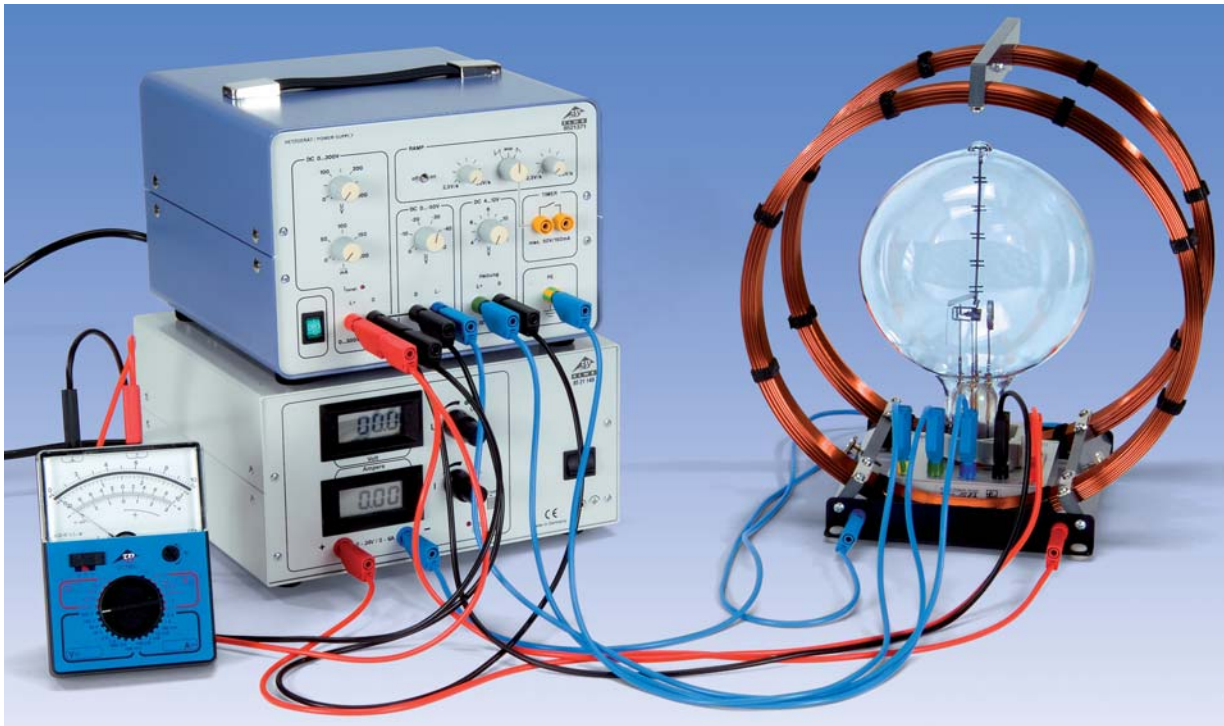
Raccordement du tube à faisceau électronique filiforme au bloc d'alimentation :

- Raccordez ensemble le pôle négatif de la sortie 500 volts, le pôle positif de la sortie 50 volts et le pôle négatif de la sortie 12 volts, puis raccordez-les à la cathode du tube (douille noire du socle connecteur).
- Raccordez le pôle positif de la sortie 500 volts à l'anode (douille rouge).
- Raccordez le pôle négatif de la sortie 50 volts au cylindre de Wehnelt (douilles bleues).
- Raccordez le pôle positif de la sortie 12 volts au chauffage de la cathode (douilles vertes).

Raccordement de la paire de bobines de Helmholtz :

- Raccordez en série les bobines de Helmholtz, conformément à la Fig. 3, et l'ampèremètre à la sortie 8 volts afin que le courant parcourt les deux bobines dans le même sens.

Fig. 2 : Appareillage expérimental permettant de déterminer la charge spécifique de l'électron



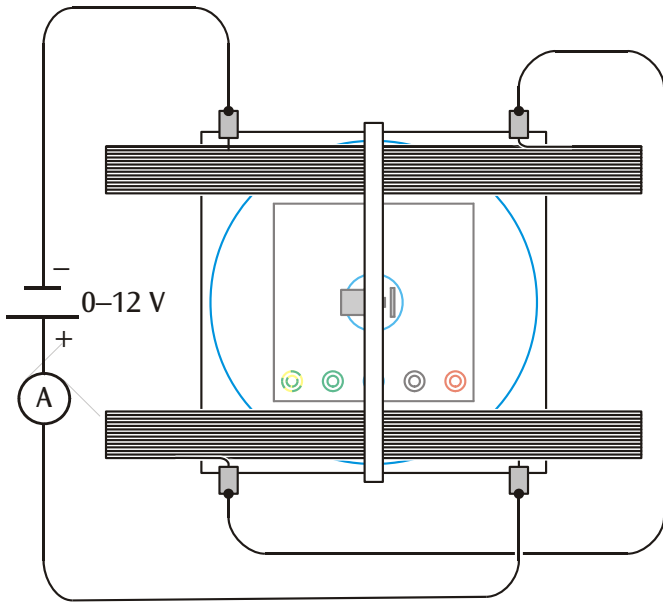


Fig. 3 : Raccordement électrique de la paire de bobines de Helmholtz

REALISATION

Calibrage du faisceau d'électrons :

- Appliquez une tension de chauffage de 7,5 volts par exemple.
- Réglez la tension de l'anode à 300 volts (le rayon d'électrons se présentant d'abord verticalement sera visualisé par une faible lumière bleutée).
- La tension Wehnelt devra être choisie de manière à pouvoir visualiser un faisceau de rayons aussi mince et aussi nettement limité que possible.
- Optimisez la définition et la luminosité du faisceau de rayons en variant la tension de chauffage.
- Augmentez l'intensité du courant I_H de la bobine qui parcourt les bobines de Helmholtz et vérifiez si le rayon d'électrons présente une courbure vers le haut.

Au cas où aucune courbure du rayon d'électrons ne se laisse observer :

- Inversez le sens du courant dans l'une des bobines, ce dernier pouvant alors parcourir les deux bobines dans le même sens.

Au cas où la courbure du rayon d'électrons ne s'oriente pas vers le haut :

- Pour l'inversion du champ magnétique, permutez les raccordements du bloc d'alimentation continue 12 volts.
- Continuez à augmenter l'intensité du courant dans la bobine et vérifiez si le rayon d'électrons forme une trajectoire circulaire fermée sur elle-même.

Au cas où la trajectoire circulaire n'est pas fermée :

- Tournez légèrement le tube à faisceau électronique filiforme et son socle autour de l'axe vertical.

Enregistrement des valeurs mesurées :

- Choisissez l'intensité du courant de la bobine afin que le rayon de la trajectoire circulaire soit égal à 5 cm et que le rayon d'électrons soit recouvert par le repère de mesure correspondant dans le tube à faisceau électronique filiforme, puis notez la valeur réglée.
- Réduisez (en incréments de 20 volts) la tension de l'anode à 200 volts, en choisissant chaque fois l'intensité du courant I_H de la bobine afin que le rayon reste constant, puis notez ces valeurs.
- Enregistrez d'autres séries de mesure pour des rayons d'une trajectoire circulaire aux valeurs de 4 cm et de 3 cm.

EXEMPLES DE VALEURS MESUREES

1er tableau : Valeurs mesurées pour l'intensité du courant I_H de la bobine en fonction de la tension d'accélération U étant donnés trois rayons constants r de la trajectoire circulaire ayant des valeurs différentes

U / V	I_H / A		
	étant donné $r = 3 \text{ cm}$	étant donné $r = 4 \text{ cm}$	étant donné $r = 5 \text{ cm}$
300	2,66	1,98	1,58
280	2,56	1,91	1,53
260	2,47	1,84	1,46
240	2,37	1,77	1,42
220	2,29	1,68	1,34
200	2,14	1,61	1,25

ÉVALUATION

Le champ magnétique B est généré dans une paire de bobines de Helmholtz ; sa valeur est proportionnelle au courant I_H parcourant une seule bobine. Il sera possible de calculer le facteur de proportionnalité k à partir du rayon de la bobine $R = 147,5 \text{ mm}$ et du nombre de spires $N = 124$ par bobine :

$$B = k \cdot I_H \text{ où } k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{mT}{A}$$

L'ensemble des grandeurs déterminantes étant par là connues pour cette charge élémentaire spécifique.

Pour une évaluation ultérieure, les valeurs mesurées seront portées sur un diagramme $r^2 B^2 \cdot 2U$ (comparer à la 4ème illustration). Dans ce but, les valeurs calculées à partir des

données de mesure du 1er tableau seront listées dans le 2ème tableau.

Sur la 4ème illustration, nous lisons à partir de la pente de la droite d'origine :

$$\frac{e}{m} = 16,8 \cdot \frac{\text{V}}{\text{mT}^2 \cdot \text{cm}^2} = 1,68 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$

Dans la littérature pertinente, la valeur indiquée est de :

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$

2ème tableau : Valeurs calculées à partir des données de mesure du 1er tableau en fonction de la tension d'accélération U étant donnés trois rayons constants r de la trajectoire circulaire ayant des valeurs différentes

U / V	$2U / \text{V}$	$B^2 r^2 / \text{mT}^2 \text{cm}^2$		
		étant donné $r = 3 \text{ cm}$	étant donné $r = 4 \text{ cm}$	étant donné $r = 5 \text{ cm}$
300	600	36,4	35,8	35,7
280	560	33,7	33,4	33,4
260	520	31,4	31,0	30,5
240	480	28,9	28,6	28,8
220	440	27,0	25,8	25,7
200	400	23,6	23,7	22,3

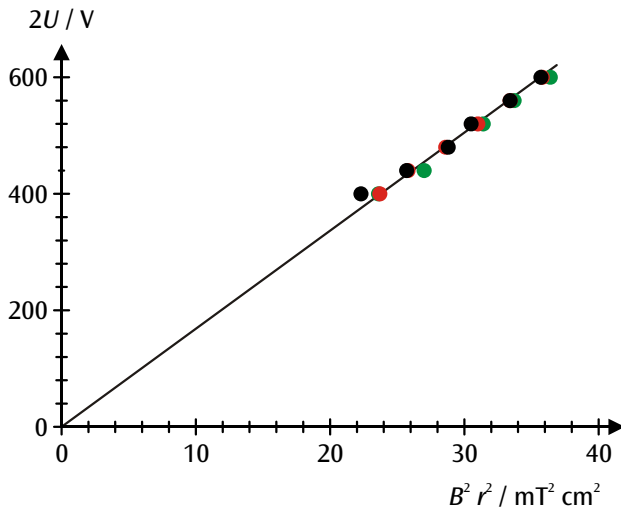


Fig. 4 : Diagramme $r^2 B^2 - 2U$ des valeurs mesurées (noir : $r = 5 \text{ cm}$, rouge : $r = 4 \text{ cm}$, vert : $r = 3 \text{ cm}$). La pente de la droite d'origine est l'équivalent de la charge spécifique e / m de l'électron.