

## CÀRREGUES EN CAMPS E I B. MESURA DE LA CÀRREGA I LA MASSA DE L'ELECTRÓ.

Aprofitant la influència dels camps elèctrics i magnètics en el moviment d'un electró es pot mesurar la càrrega elèctrica que posseeix i la relació entre la càrrega i la massa. Del resultat de les dues mesures es pot deduir la massa de la partícula.

### A. Mesura de la relació e/m.

La primera mesura de e/m la va fer J.J. Thomson l'any 1897. En aquesta pràctica no repetirem aquella clàssica experiència, sinó que mesurarem e/m per un altre mètode degut a Busch.

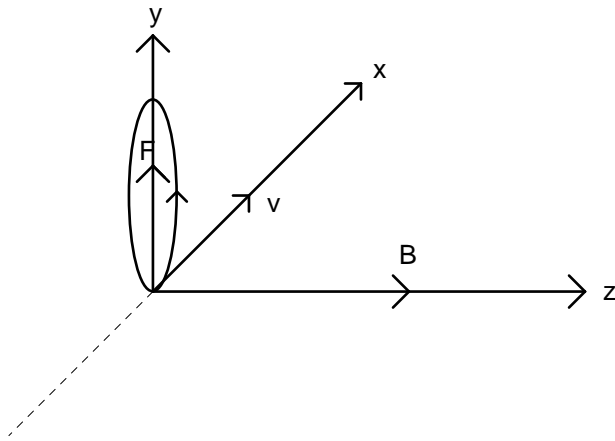
#### A1. Principi de la mesura.

Un electró en moviment en un camp magnètic uniforme està sotmès a una força

$$\vec{F} = -q(\vec{v} \wedge \vec{B}).$$

Si  $\vec{v}$  és perpendicular a  $\vec{B}$ , la trajectòria de l'electró es corba, describint un cercle de radi  $R = \frac{mv}{qB}$

amb una velocitat angular  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{e}{m} B$ .

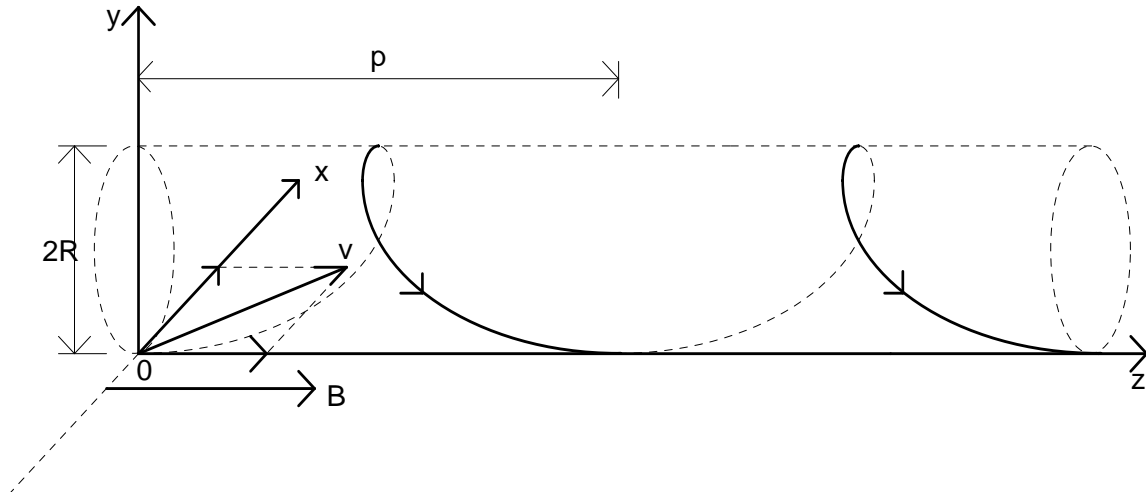


Si  $\vec{v}$  té una direcció qualsevol en el pla xz, podem considerar per separat l'efecte de les dues components:

$v_x$  produeix un moviment circular com en el cas anterior.

$v_z$ , paral·lela a B, no contribueix a la força de Lorentz.

El moviment de l'electró serà la composició d'un moviment rectilini uniforme, a la velocitat  $v_z$ , i d'un moviment circular uniforme de radi  $R = \frac{mv_x}{qB}$  i velocitat angular  $\omega = \frac{e}{m} B$ . Per tant, l'electró segueix una trajectòria helicoidal de pas  $p = v_z T = v_z \frac{2\pi}{B} \left(\frac{e}{m}\right)^{-1}$  al voltant d'un cilindre de radi  $R$ , una de les generatrius del qual és l'eix  $z$ .



- Noteu que:
- el radi  $R$  no depèn de  $v_z$ , però sí de  $v_x$ .
  - la velocitat angular no depèn ni de  $v_x$  ni de  $v_z$ , només de  $B$ .
  - el pas de l'hèlice no depèn de  $v_x$ , però sí de  $v_z$ .

Coneixent  $v_z$  i  $B$ , si podem mesurar el pas de la trajectòria helicoidal dels electrons, podem calcular el valor de  $e/m$ :

$$\frac{e}{m} = \frac{2\pi v_z}{Bp} \quad (1)$$

## A2. Mètode operatiu.

Apliquem aquest principi al feix d'electrons d'un tub de raigs catòdics, situat dins d'un solenoide que produeix un camp magnètic  $B$  paral·lel a l'eix del tub.

En absència de diferència de potencial entre les plaques de desviació horitzontal (i vertical) del tub

( $v_x = 0$ ), els electrons es mouran en línia recta a la velocitat  $v_z = \sqrt{2V_0} \frac{e}{m}$

( $V_0$  = tensió d'acceleració del canó d'electrons) i produiran un punt lluminós al centre de la pantalla, independentment del valor de  $B$ .

Si s'aplica una d.d.p. a un parell de plaques de desviació, la trajectòria serà helicoidal. Variant  $v_z$  i  $B$ , es pot aconseguir que el pas de l'hèlix sigui igual a la distància entre les plaques de desviació i la pantalla (o que aquesta distància sigui un múltiple del pas). Llavors, el punt lluminós també es trobarà al centre de la pantalla (sigui quin sigui el radi de l'hèlix!).

En qualsevol altre cas, el punt lluminós es veurà fora del centre, perquè els electrons trobaràn la pantalla en un punt de la seva trajectòria diferent de l'inicial.

Determinar si el punt lluminós es troba o no al centre de la pantalla és delicat. Per facilitar-ho, s'aplica una tensió alterna a les plaques de desviació. Això es traduirà en una línia sobre la pantalla, excepte quan tinguem la igualtat entre distància i pas; llavors la línia es reduirà a un punt (per què? Justifiqueu-ho).

Si augmentem el camp B, desde zero, el primer valor que redueixi la línia a un punt correspondrà a  $p = d$ .

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} \quad (2) \quad \text{amb: } N = \text{nombre d'espores.}$$

$L =$  longitud del solenoide

$I =$  Corrent aplicat a la bobina.

$$v_z = \sqrt{2V_0} \frac{e}{m} \quad (3) \quad \text{amb: } V_0 = \text{Tensió d'acceleració del canó d'electrons.}$$

Elevant (1) al quadrat i substituïnt B i  $v_z$  segons (2) i (3):

$$\left(\frac{e}{m}\right)^2 = \frac{4\pi^2}{p^2} \frac{2V_0 \frac{e}{m}}{\mu_0^2 \frac{N^2 I^2}{L^2}} \quad \frac{e}{m} = \frac{8\pi^2}{16\pi^2 10^{-14}} \frac{L^2}{p^2} \frac{V_0}{N^2 I^2}$$

i, simplificant:

$$\frac{e}{m} = \frac{L^2 V_0}{2p^2 N^2 I^2} 10^{14} \text{ C/kg} \quad (4)$$

Si es continua augmentant B, es reduirà el pas de l'hèlix i es trobaran nous valors que reduiran la línia a un punt, quan  $np = d$  ( $n = 2, 3 \dots$ ). L'equació (4) es modifica fàcilment per adaptar-la a aquests cassos.

### A3. Instrumental utilitzat.

En la pràctica utilitzarem un oscil·loscopi, del qual només farem servir el tub de raigs catòdics, la seva alimentació i l'amplificador de desviació horitzontal. El tub s'ha tret fora de la caixa de l'oscil·loscopi per introduir-lo dins del solenoide que crearà el camp B.

Un senyal aplicat a l'entrada X donarà la component de velocitat  $v_x$  als electrons. La component  $v_y$  serà conseqüència de la tensió d'acceleració del canó d'electrons.

El solenoide estarà alimentat per una font de c.c. i un generador de funcions donarà un senyal variable a l'entrada X de l'oscil·loscopi.

### A4. Mesura.

A4.1. - Poseu en marxa l'oscil·loscopi i efectueu les operacions següents:

Canal Y: Apreteu el pulsador "GND".

Canal X: Polseu "Hor. ext."

Connecteu a l'entrada "Inp. ext." la sortida del generador de funcions

- Poseu en marxa el generador de funcions i seleccioneu:

Senyal triangular.

$f = 1$  kHz

Amplitud: al mínim.

- Observeu el punt lluminós a la pantalla de l'oscil·loscopi. Ajusteu la lluminositat i el focus.

A4.2. - Amb el control de desplaçament horitzontal de l'oscil·loscopi, porteu el punt lluminós a un extrem de la pantalla. Amb això apliqueu una d.d.p. contínua a las plaques X, i els electrons estaràn sotmesos a una força perpendicular a la direcció de l'eix del canó i del solenoide.

- Poseu en marxa la font d'alimentació connectada al solenoide i començant des de zero, augmenteu lentament el corrent aplicat. Observeu i interpreteu el moviment del punt lluminós.

A4.3. - Anuleu el corrent del solenoide.

- Centreu el punt lluminós.

- Augmenteu progressivament l'amplitud de sortida del generador de funcions, fins que la traça de l'oscil·loscopi ocupi tot el diàmetre de la pantalla.

- Augmenteu progressivament el corrent del solenoide, i anoteu els valors de I que redueixen la traça de la pantalla a pràcticament un punt. Trobareu 2 valors que produeixen aquest efecte. El més baix correspon a  $p = d$  i el següent a  $p = d/2$ .

- Calculeu en cada cas el valor de  $e/m$ , amb l'equació (4), sabent que:

$$V_0 = 1016 \text{ V}$$

$$L = 18.8 \text{ cm}$$

$$N = 684$$

$$D = 9.7 \text{ cm}$$

Aplicacions virtuals:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=36>