

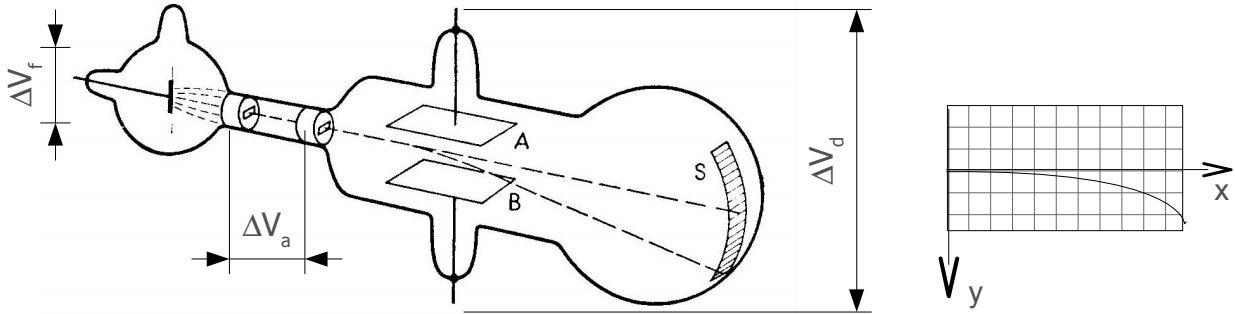
## ESPERIMENTO DI THOMSON (1897)

### Obiettivo

Misura del rapporto  $e/m$  dell'elettrone.

### Materiale

Tubo catodico, alimentatori, bobine di Helmholtz, voltmetro.



**Tubo.** Nella parte posteriore del tubo è posizionato un filamento che, alimentato con una tensione  $\Delta V_f$ , emette elettroni riscaldandosi per effetto Joule. Gli elettroni vengono accelerati, a partire da una velocità prossima allo zero, da una differenza di potenziale  $\Delta V_a$ . Entrano quindi tra le armature di un condensatore, nel quale vengono deviati dal campo generato dalla differenza di potenziale  $\Delta V_d$ . Nel condensatore c'è una lamina fluorescente che permette di visualizzare il fascio, e di misurarne la deviazione mediante una quadrettatura.

**Bobine.** Le bobine di Helmholtz, se alimentate con correnti equiverse  $I$ , generano un campo magnetico con buona approssimazione uniforme se la loro distanza è pari al loro raggio  $r$ . In questa configurazione il campo magnetico nella zona vicino al centro del sistema è  $B = \frac{8}{5\sqrt{5}} \frac{\mu N I}{r} = kI$ .

### Teoria

L'obiettivo dell'esperimento richiede di trovare una relazione tra il rapporto  $e/m$  e grandezze misurabili.

Se si devia il fascio di elettroni con un campo magnetico, si trova che il raggio di curvatura è

$$R = \frac{mv}{eB}.$$

Se si devia il fascio di elettroni con il campo elettrico del condensatore, si trova che la deviazione  $y$  lungo la verticale corrispondente a un tratto orizzontale  $x$  è  $y = \frac{eE}{2m} x^2$ .

Entrambe le relazioni contengono  $e/m$ , ma l'apparato a disposizione rende più agevole la misura della deviazione verticale, piuttosto che il raggio di curvatura della traiettoria.

Le grandezze da misurare sono quindi  $x$ ,  $y$ ,  $E$ ,  $v$ .

- $x$  e  $y$  si misurano direttamente sulla quadrettatura della lamina fluorescente.
- $E$  si calcola da  $E = \Delta V_d / d$ , con  $d$  la distanza tra le armature, regolando  $\Delta V_d$ .
- la velocità si potrebbe trovare dalla conservazione dell'energia,

$\frac{1}{2} m v^2 = e \Delta V_a \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 e \Delta V_a}{m}}$ , ma l'espressione contiene  $e/m$ . Si applica allora un campo magnetico tale da applicare una forza di Lorentz opposta alla forza elettrica. In queste condizioni  $eE = evB \rightarrow v = \frac{E}{B}$ .

## Procedimento

Preparazione. Si collega il generatore di corrente alternata al retro del tubo, ai terminali 6V, 5A. Si collega il generatore di alta tensione con il polo negativo al retro del tubo e quello positivo allo spinotto laterale.

Si collega il generatore da 250V al condensatore (la polarità è indifferente).

Si posizionano le bobine di Helmholtz a una distanza tra loro pari al raggio, in modo che il centro della sfera del tubo catodico sia sull'asse del sistema delle due bobine. Si collegano all'alimentatore in modo che siano attraversate da correnti equiverse.

Fase 1. Si alimenta il tubo, ma non le bobine. Si misura con il voltmetro la tensione di deflessione  $\Delta V_d$ ; il fascio viene deflesso. Si alimentano le bobine con una polarità tale che il campo magnetico eserciti una forza in verso opposto a quella del campo elettrico. Si aumenta la tensione  $\Delta V_B$  finché il fascio non risulta rettilineo; da questo valore si calcola il campo B e la velocità degli elettroni:

$$v = \frac{E}{B} = \frac{\Delta V_d}{d} \cdot \frac{R}{k \Delta V_B}$$

Fase 2. Si spegne il campo magnetico. Si misura la deviazione in verticale del fascio all'uscita del condensatore. Si calcola  $e/m$ . Il valore atteso è  $1,76 \cdot 10^{11}$  C/kg.

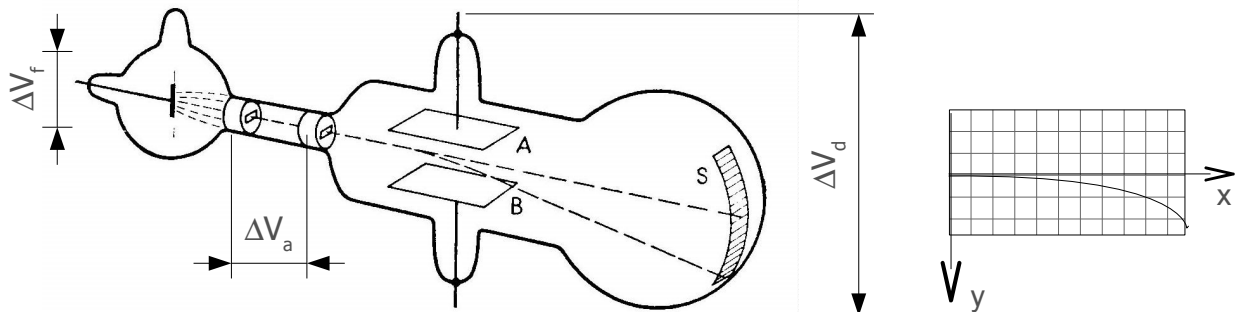
$$\frac{e}{m} = \frac{2 y v^2}{x^2 E} = \frac{2 y v^2 d}{x^2 \Delta V_d}$$

## ESPERIMENTO DI THOMSON (1897)

### Obiettivo

Misura del rapporto  $e/m$  dell'elettrone.

**Materiale:** Tubo catodico, alimentatori, bobine di Helmholtz, voltmetro.



### Analisi preliminare

L'obiettivo dell'esperimento richiede di trovare una relazione tra grandezze misurabili e il rapporto  $e/m$ .

1. Se si devia il fascio di elettroni con un campo magnetico, si trova che il raggio di curvatura è .....
2. Se si devia il fascio di elettroni con il campo elettrico del condensatore, si trova che la deviazione  $y$  lungo la verticale corrispondente a un tratto orizzontale  $x$  è .....
3. Entrambe le relazioni contengono  $e/m$ , quale metodo è più conveniente? Perché?
4. Le grandezze da misurare sono quindi .....
5. Scrivi per ognuna come può essere misurata, o calcolata da grandezze misurabili.

### Procedimento

**Preparazione.** Si collega il generatore di corrente alternata al retro del tubo, ai terminali 6V, 5A.

Si collega il generatore di alta tensione con il polo negativo al retro del tubo e quello positivo allo spinotto laterale.

Si collega il generatore da 250V al condensatore (la polarità è indifferente).

Si posizionano le bobine di Helmholtz a una distanza tra loro pari al raggio, in modo che il centro della sfera del tubo catodico sia sull'asse del sistema delle due bobine. Si collegano all'alimentatore in modo che siano attraversate da correnti equiverse.

**Fase 1.** Si alimenta il tubo, ma non le bobine. Si misura con il voltmetro la tensione di deflessione  $\Delta V_d$ ; il fascio viene deflesso. Si alimentano le bobine con una polarità tale che il campo magnetico eserciti una forza in verso opposto a quella del campo elettrico. Si aumenta la tensione  $\Delta V_B$  finché il fascio non risulta rettilineo.

6. Trova il valore della velocità degli elettroni.

**Fase 2.** Si spegne il campo magnetico. Si misura la deviazione in verticale del fascio all'uscita del condensatore. Si calcola  $e/m$ . Il valore atteso è  $1,76 \cdot 10^{11}$  C/kg.

7. Trova la relazione tra  $e/m$  e le grandezze misurate, e calcola  $e/m$ .

### Domande per l'analisi dati

1. Perché nel calcolo della deviazione del fascio si trascura l'accelerazione di gravità?
2. Il valore ottenuto corrisponde a quello atteso all'interno delle cifre significative consentite dall'apparato?
3. Quali componenti dell'apparato rendono il risultato finale meno preciso?
4. Perché il comportamento osservato suggerisce che il raggio catodico sia composto da particelle uguali tra loro? (considera anche cosa succede al fascio applicando un campo magnetico)