

Tubi a fascio elettronico

DETERMINAZIONE DELLA CARICA SPECIFICA DELL'ELETTRONE

- Dimostrazione della deviazione degli elettroni in un campo magnetico omogeneo su una guida circolare chiusa.
- Determinazione della corrente delle bobine di Helmholtz IH a seconda della tensione di accelerazione U del cannone elettronico a raggio della guida circolare r costante.
- Determinazione della carica specifica e/m dell'elettrone con i valori di misura.

UE307070

08/06 UK

BASI GENERALI

Nei tubi a fascio elettronico, gli elettroni si spostano in un campo magnetico omogeneo su una guida circolare. I tubi contengono gas neon ad una pressione impostata con precisione e gli atomi di gas vengono ionizzati lungo la guida circolare tramite gli urti degli elettroni ed eccitati per generare l'illuminazione. In questo modo, la guida circolare degli elettroni risulta indirettamente visibile e il suo raggio può essere misurato direttamente con una scala. Poiché la tensione di accelerazione U del cannone elettronico e il campo magnetico B sono noti, dal raggio della guida circolare r è possibile calcolare la carica specifica e/m dell'elettrone:

su un elettrone che si sposta verticalmente rispetto ad un campo magnetico omogeneo B alla velocità v , ortogonalmente rispetto alla velocità e al campo magnetico agisce la forza di Lorentz

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

e : carica fondamentale

Spinge l'elettrone come forza centripeta

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

m : massa elettronica

su una guida circolare con il raggio r . Pertanto, si ha

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

La velocità v dipende dalla tensione di accelerazione U del cannone elettronico:

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

Per la carica specifica dell'elettrone vale quindi:

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

Se per tensioni di accelerazione diverse U e per campi magnetici diversi B si misura rispettivamente il raggio della guida circolare r , i valori di misura in un diagramma $r^2 B^2 - 2U$ secondo l'equazione (5) si trovano su una retta di origine con incremento e/m .

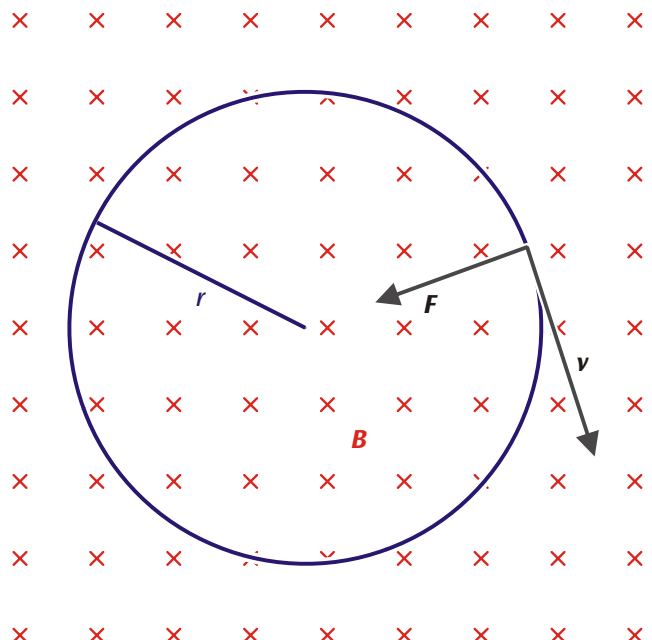


Fig. 1: Deviazione degli elettroni alla velocità v in un campo magnetico B attraverso la forza di Lorentz F su una guida circolare chiusa con il raggio r .

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Tubo a fascio elettronico	U8481420
1	Bobine di Helmholtz da 300 mm	U8481500
1	Alimentatore DC, 0–500 V	U33000
1	Amperometro CC 3 A, ad es.	U17450
1	Set di 15 cavi di sicurezza per esperimenti	U138021

NORME DI SICUREZZA

Il tubo a fascio elettronico è un bulbo in vetro a pareti sottili, sotto vuoto. Maneggiare con cura: rischio di implosione!

- Non sottoporre il tubo a fascio elettronico a sollecitazioni meccaniche.
- Per evitare sollecitazioni meccaniche, cablare gli spinotti solo con un cavo per esperimenti.

Sul tubo a fascio elettronico vengono applicate tensioni che rendono pericoloso il contatto:

- Per i collegamenti utilizzare esclusivamente cavi di sperimentazione di sicurezza.
- Eseguire i cablaggi soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.
- Montare e smontare il tubo soltanto con l'alimentatore disinserito.

MONTAGGIO

Note:

Per poter osservare meglio il fascio elettronico, l'esperimento dovrebbe essere eseguito in una stanza con poca luce.

Durante la preparazione della struttura, gli alimentatori devono rimanere disinseriti e tutti i regolatori di tensione devono essere ruotati a sinistra.

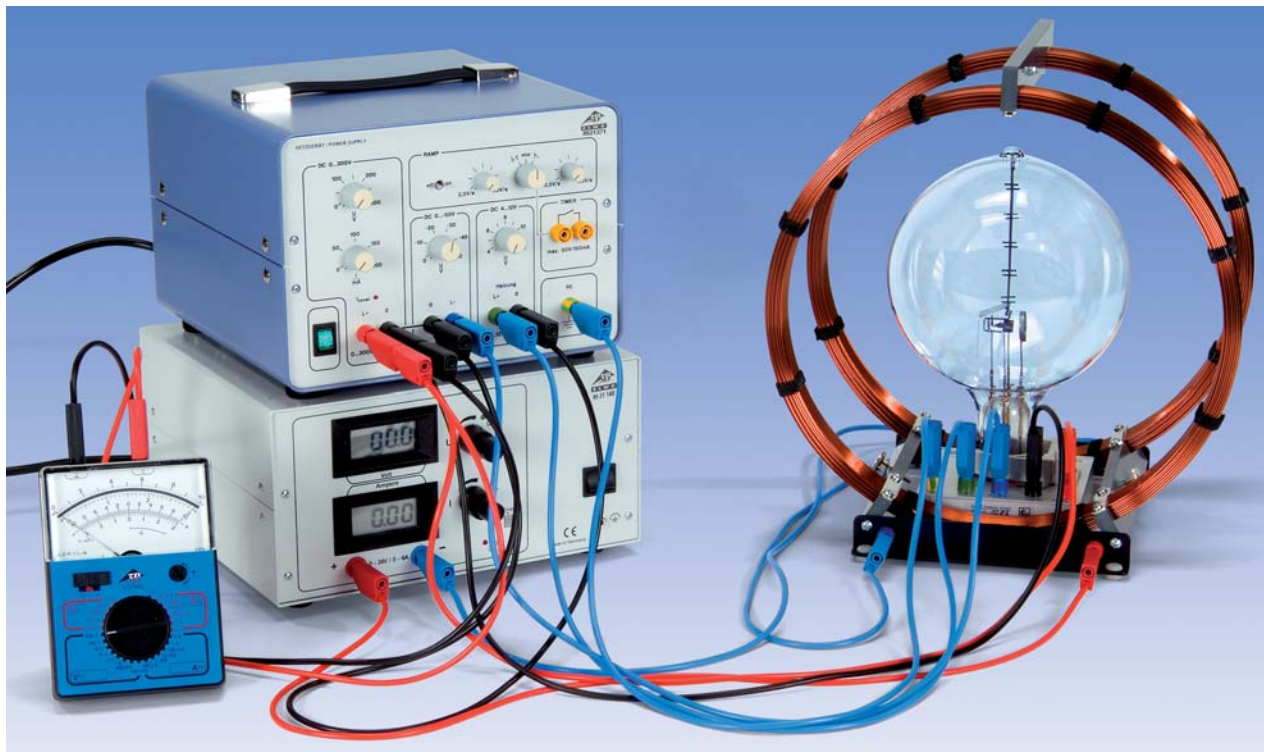
Collegamento del tubo a fascio elettronico all'alimentatore per tubi:

- Collegare tra loro il polo negativo dell'uscita da 500 V, il polo positivo dell'uscita da 50 V e il polo negativo dell'uscita da 12 V e al catodo del tubo (jack nero dello zoccolo di collegamento)
- Collegare il polo positivo dell'uscita da 500 V con l'anodo (jack verde).
- Collegare il polo negativo dell'uscita da 50 V al cilindro di Wehnelt (prese blu).
- Collegare il polo positivo dell'uscita da 12 V con il riscaldamento del catodo (prese verdi).

Collegamento della coppia di bobine di Helmholtz:

- Collegare in serie all'uscita da 8 V le bobine di Helmholtz secondo la figura 3 e l'amperometro, in modo che la corrente attraversi entrambe le bobine nella stessa direzione.

Fig. 2: Struttura sperimentale per la determinazione della carica specifica dell'elettrone



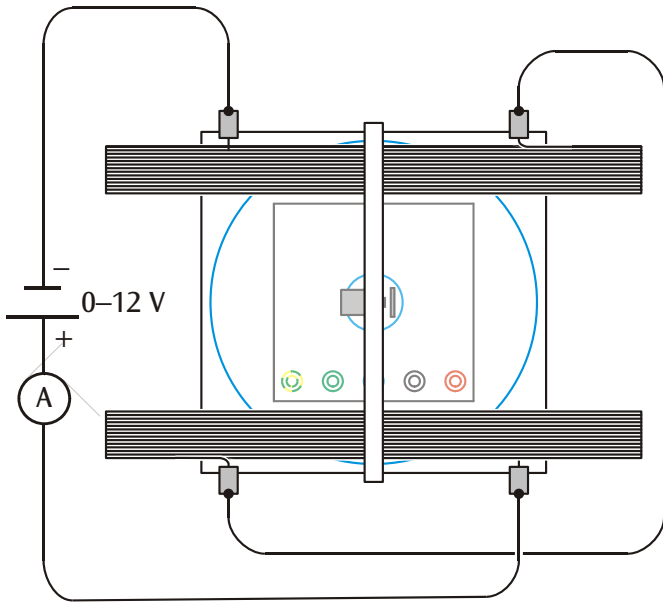


Fig. 3: Collegamento elettrico della coppia di bobine di Helmholtz

- Ridurre la tensione anodica in fasi da 20 V fino a 200 V, quindi impostare la corrente di bobina I_H in modo che il raggio rimanga costante e annotare questi valori.
- Registrare ulteriori serie di misurazioni per i raggi da 4 cm e 3 cm della guida circolare.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Tab. 1: Valori di misura della corrente di bobina I_H in funzione della tensione di accelerazione U con tre diversi raggi della guida circolare r costanti

U / V	I_H / A		
	con $r = 3$ cm	con $r = 4$ cm	con $r = 5$ 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

ESECUZIONE

Regolazione del fascio elettronico:

- Applicare la tensione di riscaldamento, ad esempio a 7,5 V.
- Regolare la tensione anodica a 300 V (il fascio elettronico inizialmente orizzontale viene reso visibile da una debole luce blu).
- Selezionare la tensione di Wehnelt in modo che si possa vedere un sottilissimo fascio di raggi dai contorni nitidi.
- Ottimizzare la nitidezza e la luminosità del fascio di raggi modificando la tensione di riscaldamento.
- Aumentare la corrente di bobina I_H agendo sulle bobine di Helmholtz e controllare se il fascio elettronico si incurva verso l'alto.

Qualora non si denoti alcuna curvatura del fascio elettronico:

- Invertire la polarità di una delle bobine, in modo che la corrente attraversi entrambe le bobine nella stessa direzione.

Se il fascio elettronico non mostra una curvatura verso l'alto:

- Scambiare i collegamenti dell'alimentatore c.c. da 12 V per invertire la polarità del campo magnetico.
- Aumentare ulteriormente la corrente di bobina e controllare se il fascio elettronico genera una guida circolare chiusa in se stessa.

Se la guida circolare non è chiusa:

- Ruotare il tubo a fascio elettronico con tutta la base attorno all'asse verticale.

Registrazione dei valori di misura:

- Impostare la corrente di bobina in modo che il raggio della guida circolare sia di 5 cm e il fascio elettronico sia coperto dalla tacca di misurazione corrispondente del tubo a fascio elettronico e annotare il valore impostato.

ANALISI

Il campo magnetico B viene generato in una coppia di bobine di Helmholtz ed è proporzionale alla corrente I_H attraverso una singola bobina. Il fattore di proporzionalità k può essere calcolato sulla base del raggio della bobina $R = 147,5$ mm e del numero di spire $N = 124$ per bobina:

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

Pertanto, tutte le grandezze di determinazione per la carica elettronica specifica sono note.

Per un'ulteriore analisi, i valori di misura devono essere riportati in un diagramma $r^2 B^2 - 2U$ (ved. Fig. 4). Nella Tab. 2 sono elencati i valori calcolati sulla base dei dati di misura della Tab. 1.

Dall'incremento della retta di origine nella Fig. 4 si legge quanto segue:

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

Il valore di letteratura è indicato con:

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

Tab. 2: Valori calcolati dai dati di misura della Tab. 1 in funzione della tensione di accelerazione U con tre diversi raggi della guida circolare r costanti

U / V	$2U / \text{V}$	$B^2 r^2 / \text{mT}^2 \text{cm}^2$		
		con $r = 3 \text{ cm}$	con $r = 4 \text{ cm}$	con $r = 5 \text{ cm}$
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

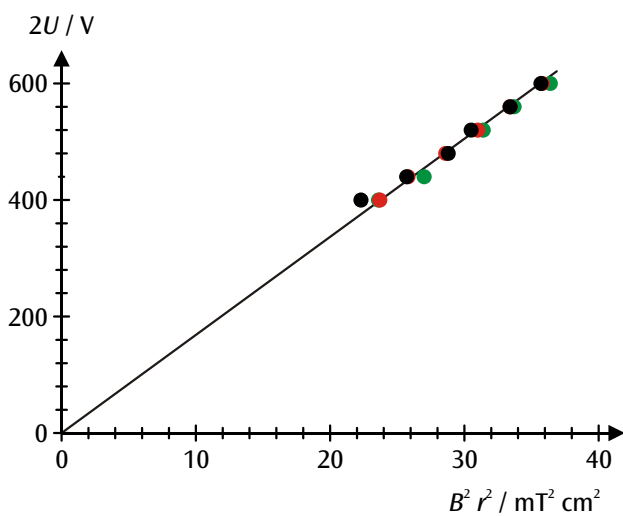


Fig. 4: Diagramma $r^2 B^2 - 2U$ dei valori di misura (nero: $r = 5 \text{ cm}$, rosso: $r = 4 \text{ cm}$, verde: $r = 3 \text{ cm}$). L'incremento della retta di origine corrisponde alla carica specifica e / m dell'elettrone.