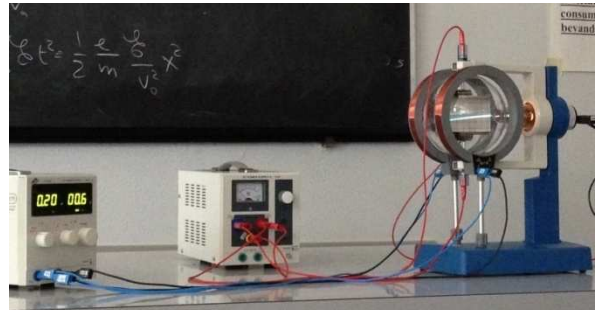


Misura del rapporto carica – massa dell'elettrone

Lo scopo dell'esperienza è misurare il rapporto carica – massa dell'elettrone.

Materiale utilizzato

1. Alimentatore (fondo scala 5000 V)
2. Due alimentatori
3. Bobine Helmholtz (circolari a 320 spire)
4. Condensatore (larghezza: 0,07 m, distanza tra le armature: 0,054 m)
5. Tubo catodico
6. Cannone elettronico
7. Griglia fluorescente



Premessa teorica

L'elettrone è una particella subatomica con carica elettrica negativa ($e = -1.6 \cdot 10^{-19}$ C). Appartiene alla famiglia dei leptoni, non ha quindi costituenti elementari noti. Assieme ai protoni e ai neutroni costituisce gli atomi che compongono la materia e, sebbene contribuisca in maniera quasi trascurabile alla massa atomica (ha massa a riposo pari a $9.1 \cdot 10^{-31}$, 1/1836 di quella del protone), è di fondamentale importanza per definire le proprietà chimiche degli elementi. Esso ha momento angolare intrinseco (spin) pari o $+1/2$ o $-1/2$, ed è quindi un fermione soggetto al principio di esclusione di Pauli. L'elettrone è soggetto a tutte le interazioni fondamentali tranne la forza nucleare forte. Il nome elettrone fu proposto nel 1891 da George Johnstone Stoney. Joseph John Thomson dimostrò la natura particellare dell'elettrone, il figlio George Paget Thomson dimostrò la natura corpuscolare e ondulatoria dell'elettrone, il cui comportamento rientra nel dualismo onda-particella descritto dalla meccanica quantistica.

All'interno del nostro apparato sperimentale un fascio collimato di elettroni parte dal catodo diretto verso l'anodo. Tra l'anodo e il catodo è posto un condensatore che genera un campo elettrico perpendicolare al moto del fascio di elettroni, e delle bobine di Helmholtz che generano un campo magnetico entrante. All'interno del condensatore vi è una condizione di vuoto spinto, ed è presente una piastra fluorescente per

poter vedere il fascio di elettroni. Essendo il campo elettrico perpendicolare al moto, il fascio di elettroni si muove di MRU nella sua componente orizzontale, ma è deviato verso la piastra superiore (positiva) seguendo un arco di parabola.

MRU lungo x, MRUA lungo y: $x = v_0 t$ e $y = \frac{1}{2} a t^2$

Secondo principio della dinamica:

$$a = \frac{F}{m}$$

$$y = \left(\frac{1}{2}\right) \frac{F t^2}{m}$$

Forza che agisce su una carica (in questo caso e) in un campo elettrico E:

$$F = e E$$

$$y = \left(\frac{1}{2}\right) \frac{e E t^2}{m}$$

Siccome lungo x la particella si sposta di MRU:

$$t = \frac{x}{v}$$

$$y = \left(\frac{1}{2}\right) \frac{e E x^2}{m v^2}$$

Da cui otteniamo:

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

dove la grandezza y è la misura della variazione del fascio di elettroni, effettuata per mezzo di una scala graduata sulla piastra.

La velocità iniziale può essere calcolata bilanciando le forze elettrica e magnetica agenti sulla particella:

$$\vec{F}_e = \vec{F}_l$$

$$eE = qv_0 B \sin(\alpha) = qv_0 B \sin(90) = qv_0 B$$

$$v_0 = \frac{eE}{qB} = \frac{E}{B}$$

Il campo elettrico generato da un condensatore è (d = distanza tra le piastre):

$$E = \frac{V_p}{d}$$

Il campo magnetico delle bobine di Helmholtz:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right) \frac{\mu_0 Ni}{R} = 4,2 \text{ mT} * i = 4,2 * 10^{-3} \text{ T} * i$$

I principali motivi di errore in questa esperienza sono il fascio di elettroni non perfettamente collimato, gli errori sulle misure e il fatto che i voltmetri, a causa delle alte temperature raggiunte dai componenti interni, sono difficili da calibrare con precisione.

Esecuzione dell'esperienza

1. Collegare l'alimentatore con il fondo scala da 5000 V al condensatore, il secondo al collimatore di elettroni, terzo alimentatore alle bobine Helmholtz.
2. Accendere gli alimentatori.
3. Regolarli in modo che il fascio di elettroni sia orizzontale al banco di lavoro.
4. Registrare la ddp del condensatore.
5. Registrare la ddp e l'intensità di corrente dell'alimentatore collegato alle bobine.
6. Spegner l'alimentatore collegato alle bobine e misurare di quanto il fascio di elettroni devia dalla linea orizzontale.
7. Ripetere le operazioni dal punto 4 cinque volte, raccogliendo i dati in una tabella e completandola calcolando E, B, v₀, e/m (formule indicate nella premessa teorica).
8. Calcolare valore atteso, deviazione standard, scarto percentuale dal valore accertato da numerose esperienze (più rigorose di questa).

Dati e loro elaborazione

Lunghezza del condensatore x = 0,07 m

Distanza tra le armature: d = 0,054 m

	V _p [V]	i [A]	V [V]	y [m]	E [V/m]	B [T]	v ₀ [m/s]	e/m [C/kg]
1	1700	0,20	0,6	0,010	3,15E+04	8,40E-04	3,75E+07	1,82E+11
2	2300	0,30	0,9	0,013	4,26E+04	1,26E-03	3,38E+07	1,42E+11
3	3000	0,35	1,0	0,016	5,56E+04	1,47E-03	3,78E+07	1,68E+11
4	3500	0,43	1,3	0,018	6,48E+04	1,81E-03	3,59E+07	1,46E+11
5	4600	0,54	1,6	0,021	8,52E+04	2,27E-03	3,76E+07	1,42E+11
							E(x)	1,56E+11
							Dev Std	1,81E+10
							Scarto %	13,2992

N.B.: tutte le misure sono state convertite in unità S.I.

Conclusioni

L'esperimento risulta riuscito dal momento che lo scarto percentuale è decisamente accettabile, minore del 15%, nonostante le varie possibilità di errore.

Verifica sperimentale della forza di Lorentz

Lo scopo dell'esperienza è verificare sperimentalmente la forza di Lorentz.

Materiale utilizzato

Vedi relazione precedente.

Premessa teorica

La forza avvertita da una particella carica in un campo magnetico è detta forza di Lorentz. Essa è definita come il prodotto vettoriale tra la velocità della particella per la carica e il vettore campo magnetico:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Il modulo della forza è quindi:

$$F = qvB\sin(\alpha)$$

Si può dimostrare, con $F = m \cdot a$, che la particella si muove di Moto circolare uniforme. Il raggio della traiettoria è detto raggio di Larmor.

Il raggio di Larmor è un arco di circonferenza di raggio r . Questo ragionamento permette di verificare sperimentalmente la forza di Lorentz.

Considerazioni geometriche:

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

Sviluppando

$$r^2 = x^2 + r^2 - 2ry + y^2$$

Semplificando

$$2ry = x^2 + y^2$$

Isolando r

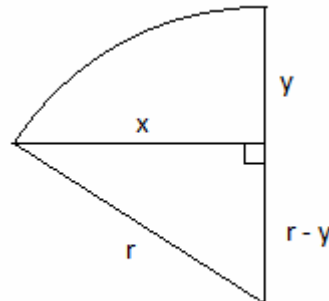
$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y}$$

Il raggio di Larmor è dato dalla formula

$$r_L = \frac{m v}{e B}$$

Si ponga l'uguaglianza

$$r_L = r$$



Esecuzione dell'esperienza

1. Noti i dati dell'esperienza precedente e le considerazioni teoriche proposte nella premessa, calcolare il raggio di Larmor nei due modi illustrati.
2. Calcolare lo scarto percentuale tra le medie dei due dati.

Dati e loro elaborazione

Ai dati provenienti dalla relazione precedente, affianchiamo nel foglio elettronico due nuove colonne: in una calcoliamo il raggio di Larmor con le considerazioni geometriche e, nell'altra, lo stesso dato ricavandolo dalla sua equazione fisica. Questo è l'estratto che evidenzia i nostri calcoli.

#	y [m]	E [V/m]	B [T]	v0 [m/s]	r [m]	rL [m]
1	0,010	3,15E+04	8,40E-04	3,75E+07	0,2500	0,2507
2	0,013	4,26E+04	1,26E-03	3,38E+07	0,1950	0,1507
3	0,016	5,56E+04	1,47E-03	3,78E+07	0,1611	0,1444
4	0,018	6,48E+04	1,81E-03	3,59E+07	0,1451	0,1116
5	0,021	8,52E+04	2,27E-03	3,76E+07	0,1272	0,0930
				E(x)	0,1757	0,1501
				Scarto %	14,56%	

N.B.: la massa dell'elettrone considerata è $9 \cdot 10^{-31}$ kg e la sua carica $1,602 \cdot 10^{-19}$ J; l'inverso del rapporto calcolato nella prima esperienza avrebbe comportato un errore troppo alto.

Conclusioni

La verifica della Forza di Lorentz è stata effettuata con successo visto lo scarto percentuale minore del 15%.