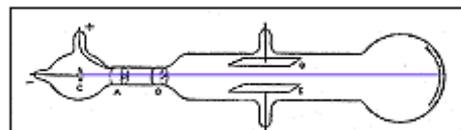


MISURA DEL RAPPORTO e/m

La carica dell'elettrone è il più piccolo valore della carica libera. Ogni quantità di carica è cioè un multiplo intero della carica dell'elettrone. $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Nel 1910 Millikan misurò la carica **e**.

Thomson nel 1897 ne misurò il rapporto carica/massa, cioè **e/m** con l'ausilio di un campo elettrico e di un campo magnetico all'interno di un tubo a raggi catodici.



Mediante un condensatore piano, generò un campo elettrico uniforme E in grado di far compiere agli elettroni un moto parabolico. Applicò infine un campo magnetico B in grado di bilanciare l'effetto del campo E e far così muovere gli elettroni di moto rettilineo uniforme fino a giungere su uno schermo. Mediante l'equilibrio tra forza elettrica e magnetica determinò il rapporto e/m il cui valore teorico è

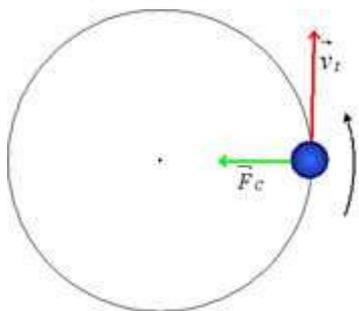
$$\frac{e}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$



Noi effettueremo la stessa misura ma utilizzando un dispositivo diverso, in grado di **far compiere agli elettroni una traiettoria circolare**.

1) Ricordiamo:

La causa di un moto circolare è una forza centrale che è in grado di mantenere il corpo in rotazione su traiettoria circolare. Una tale forza è nota come **FORZA CENTRIPETA**.



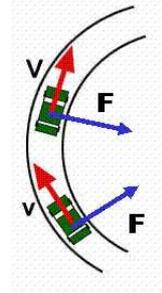
$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

La forza centripeta NON è una nuova forza!!!!

Il moto della Luna intorno alla Terra: La traiettoria della Luna è praticamente circolare, la forza centripeta è fornita dall'**attrazione gravitazionale** esercitata su di essa dalla Terra. Questa attrazione costringe la Luna a *curvare continuamente* e a rimanere legata alla Terra, senza di essa, la Luna proseguirebbe di moto rettilineo uniforme.



Un'automobile che curva: la forza centripeta necessaria per curvare è fornita dalla *forza di attrito statico* di aderenza tra gomme e strada; se la massima forza di attrito statico non è sufficiente, come nel caso di strada ghiacciata, l'auto non riesce a tenere la curva.



Un sasso che ruota legato ad una corda: è la *tensione* della corda che gioca il ruolo di forza centripeta: se la corda si rompe, il sasso partirà per la tangente secondo la direzione della velocità in quell'istante.

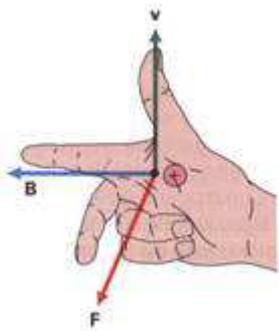
2) Come funziona il dispositivo?

Gli elettroni, emessi per effetto termoionico da un filamento reso incandescente dalla corrente creata da una tensione (tasto a destra (ΔV massimo 7 Volt) all'interno dell'ampolla, sono accelerati per effetto di una differenza di potenziale (massimo 170 V, letta sul tester multimetro), verso un anodo a forma di dischetto che, attraverso un piccolo foro centrale, ne lascia passare un sottile fascio. Gli elettroni, muovendosi in un'ampolla di vetro contenente idrogeno a bassa pressione, producono per eccitazione un raggio luminoso lungo il percorso.



Per far curvare gli elettroni devo applicare una forza centripeta.

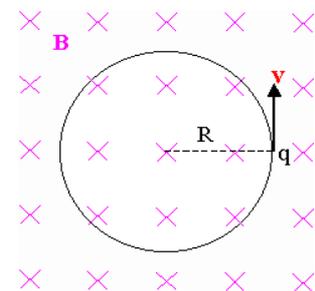
Si fa circolare una corrente, la cui lettura avviene sull'amperometro (all'incirca qualche decimo di ampere, penultimo tasto a destra) nelle bobine, dette di Helmholtz. In tal modo si crea un campo magnetico B perpendicolare al moto del fascio di elettroni. Tale campo magnetico produce una forza detta Forza di Lorentz.



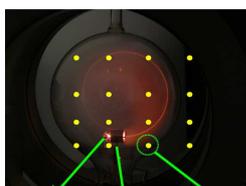
La forza che subisce la carica è proporzionale al valore della carica e alla sua velocità.

La direzione della forza è perpendicolare alla velocità della carica e al campo B .

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



Nel nostro caso: $F = qvB = evB$, ma il campo non è entrante, bensì uscente, in quanto la carica è un elettrone, pertanto è negativa.



Filamento riscaldato per l'emissione di elettroni
 Differenza di potenziale (campo elettrico) per la loro accelerazione
 Direzione del campo magnetico

Regolando la corrente, si mantiene costante il diametro della traiettoria (6 cm) letto dalla scala graduata interna all'ampolla.

3) Quali leggi regolano il fenomeno?

$$F_c = qvB = evB \quad \text{è una forza centripeta} \quad F_c = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{Quindi: } evB = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow eB = m \frac{v}{r} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v}{Br} \quad \text{Da ciò si deduce che: } v = \frac{e}{m} Br \quad (*)$$

Ricordando il Principio di Conservazione dell'energia si osserva che l'energia potenziale elettrica si trasforma in energia cinetica degli elettroni

$$U_{\text{potenziale elettrica}} \Rightarrow U_{\text{cinetica}}$$

$$e\Delta V = \frac{1}{2}mv^2 \quad (**)$$

Sostituiamo l'espressione trovata per la velocità (*) nella (**)

$$e\Delta V = \frac{1}{2}m\left(\frac{e}{m}Br\right)^2$$

$$\Delta V = \frac{e}{m} \frac{(rB)^2}{2} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2\Delta V}{(rB)^2}$$

Sapendo che il numero di spire delle bobine è $N=240$, con $R=0,11$ m raggio delle bobine

Sapendo inoltre che il modulo del campo magnetico $\mathbf{B}=\mathbf{K I}$ con la costante di proporzionalità tra la

$$\text{corrente e il campo è } K = \left[\left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{R}} \right] \frac{\text{T}}{\text{A}} = 1,96 \cdot 10^{-3} \frac{\text{T}}{\text{A}}$$

Si ha che:

$$\Delta V = \frac{e}{m} \frac{(rB)^2}{2} = \frac{e}{m} \frac{(rKI)^2}{2}$$

4) Cosa andremo a misurare?

Saranno raccolti due dati: la tensione ΔV che permette agli elettroni di accelerare e l'intensità di corrente I che determina il campo magnetico e che, regolata, permette di mantenere costante il raggio r dell'orbita. Raccoglieremo tali dati in tabelle all'interno di un foglio di calcolo Excel.

Valori tenuti fissi: $r = 3\text{cm} = 0,03\text{m}$

$$K = 1,96 \cdot 10^{-3} \frac{\text{T}}{\text{A}}$$

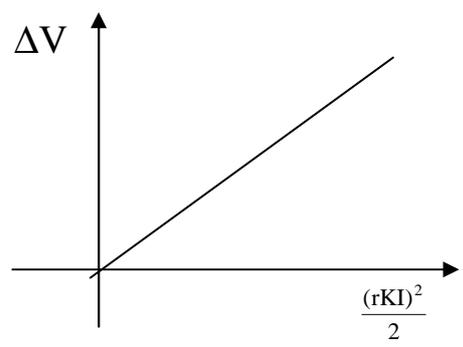
ΔV (V)	I (A)

Elaborazione dei dati:

I	$\frac{(rKI)^2}{2}$	ΔV	$\frac{e}{m} = \frac{\Delta V}{\frac{(rKI)^2}{2}}$

Costruiremo infine un grafico in Excel la cui pendenza sar : $\frac{e}{m} = \frac{\Delta V}{\frac{(rKI)^2}{2}}$

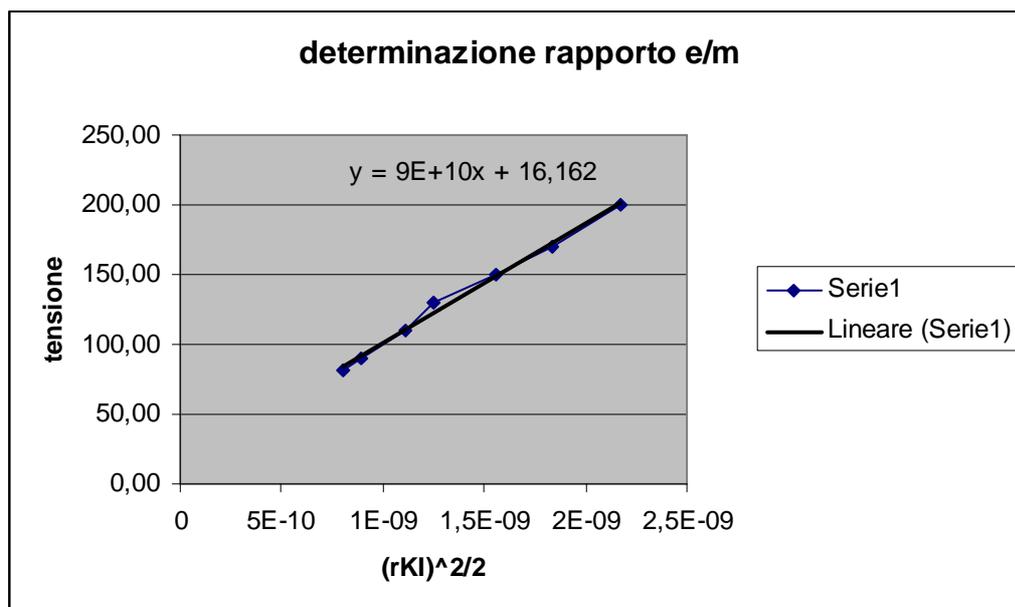
Excel fa tracciare la linea di tendenza e determinare anche l'equazione della retta con il coefficiente angolare.



Elaborazione di dati raccolti in una verifica sperimentale:

K	1,96E-03
r	0,03

I (A)	$\frac{(rKI)^2}{2}$	Tensione	e/m
0,68	7,994E-10	82,10	1,03E+11
0,72	8,962E-10	90,30	1,01E+11
0,80	1,106E-09	109,50	9,90E+10
0,85	1,249E-09	130,00	1,04E+11
0,95	1,56E-09	150,00	9,61E+10
1,03	1,834E-09	170,00	9,27E+10
1,12	2,169E-09	200,00	9,22E+10



$$\frac{e}{m} = 0,9 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$$

Valore teorico di e/m =

$$= \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

$$\text{Valore calcolato di e/m} = 0,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

$$\text{Errore \%} = \frac{X_{\text{misurato}} - X_{\text{teorico}}}{X_{\text{teorico}}} \cdot 100 = \frac{0,9 - 1,76}{1,76} \cdot 100 = 48,9\%$$

Errore percentuale di circa il 49%. L'ordine di grandezza però è rispettato.

Come si spiega tale risultato?

Il filamento non è centrato perfettamente tra le bobine per cui il campo non è perfettamente perpendicolare a v .

Se si ruotasse la bolla si osserverebbe una spirale che rappresenta la traiettoria elicoidale degli elettroni nel caso generale di campo non perpendicolare a v .

