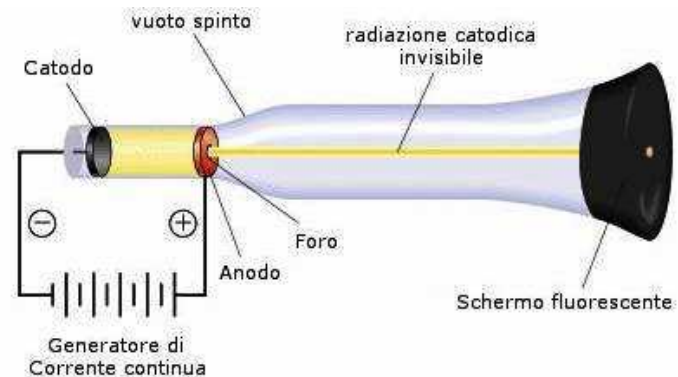


MISURA SPERIMENTALE DEL RAPPORTO CARICA-MASSA DELL'ELETTRONE E VERIFICA DELLA FORZA DI LORENTZ

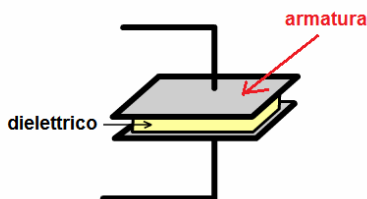
SCOPO: Misurare il rapporto carica-massa dell'elettrone e verificare sperimentalmente la Forza di Lorenz, calcolando il raggio di Larmor.

MATERIALE UTILIZZATO:

- *Tubo catodico*, un tipo di tubo elettronico a vuoto utilizzato per realizzare diversi apparecchi elettronici. I raggi catodici consistono in un flusso di elettroni emessi da un catodo e accelerati da un anodo. In un tubo a raggi catodici gli elettroni sono emessi da un filamento riscaldato dalla corrente: se la temperatura è abbastanza elevata,

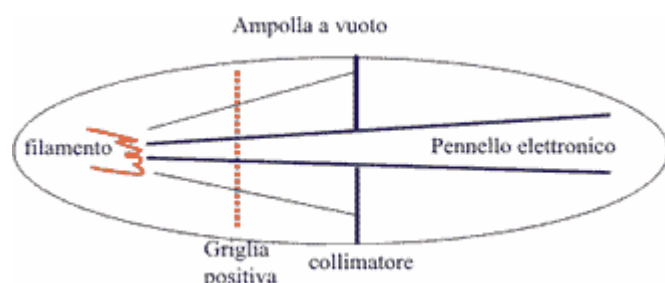


alcuni elettroni acquistano l'energia sufficiente ad allontanarsi dal metallo (**effetto termoelettrico**). Questi elettroni vengono accelerati dalla differenza di potenziale esistente tra l'anodo e il catodo. Attraverso un minuscolo foro praticato nell'anodo, un piccolo fascio di elettroni colpisce uno schermo causando una forte fluorescenza nel punto colpito. Se si applica una differenza di potenziale a due placche poste lungo un asse verticale lungo il cammino del fascio di elettroni, il fascio viene deviato e il punto luminoso sullo schermo si sposta verticalmente. Una differenza di potenziale applicata a due placche posizionate lungo l'asse verticale del fascio causa invece uno spostamento del punto luminoso in senso orizzontale. Applicando contemporaneamente differenze di potenziale alle due coppie di placche, il punto luminoso può essere spostato istantaneamente in qualunque punto dello schermo.



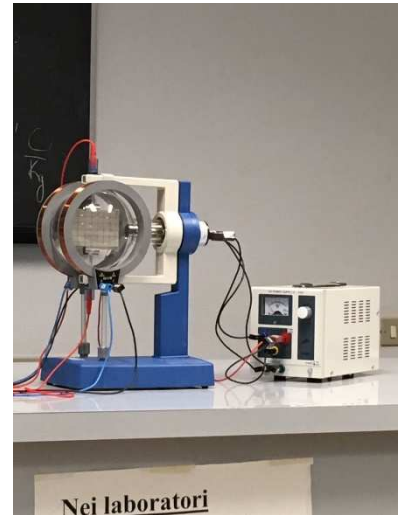
- *Condensatore*, un sistema elettrico costituito da due corpi conduttori, detti armature, separati da un dielettrico.

- *Cannone elettronico*, una sorgente del fascio di elettroni utilizzata in numerosi dispositivi elettronici, quali il tubo a raggi catodici. È costituito da un catodo, riscaldato direttamente o indirettamente, che emette elettroni per effetto termoionico, e da una serie di lenti elettroniche, che hanno lo scopo di focalizzare il fascio elettronico in modo da ottenere una macchia di piccole dimensioni a



un'opportuna distanza dal catodo. L'intensità della macchia è regolata modulando l'intensità del fascio mediante la griglia di controllo, mentre gli anodi costituiscono una lente elettrostatica a due cilindri e permettono di focalizzare il fascio; l'acceleratore serve a rendere indipendente il controllo dell'intensità da quello della focalizzazione.

- *Griglia* ($L= 7\text{cm}$; $l= 1\text{cm}$), la quale diventa *fluorescente* quando viene attraversata da un fascio di elettroni. E' inclinata di 15° .
- *Bobine di Helmholtz*, una configurazione di bobine metalliche circolari a 320 spire percorse da una corrente elettrica che genera un campo magnetico uniforme.
- *Cavetti*, usati per collegare le varie componenti del circuito.
- *Alimentatori*(uno per il tubo catodico, uno per il condensatore, uno per le bobine di Helmholtz), con fondo scala 5000V. E' costituito dai dispositivi atti a fornire energia elettrica con determinate caratteristiche di tensione, corrente e frequenza per consentire il corretto funzionamento degli utilizzatori.



PREMESSE TEORICHE:

- *L'elettrologia* è una branca della fisica che si occupa di studiare l'elettricità e i fenomeni ad essa relativi. La parola deriva dal greco *elektrone* significa "discorso sull'ambra": questa resina fossile, infatti, fu il primo elemento con cui si osservarono fenomeni legati all'elettricità.
- La *carica elettrica* è una grandezza fisica fondamentale: essa è definita come la quantità di elettricità di cui è dotato un corpo. L'unità di misura della carica elettrica nel Sistema Internazionale è il coulomb (C).

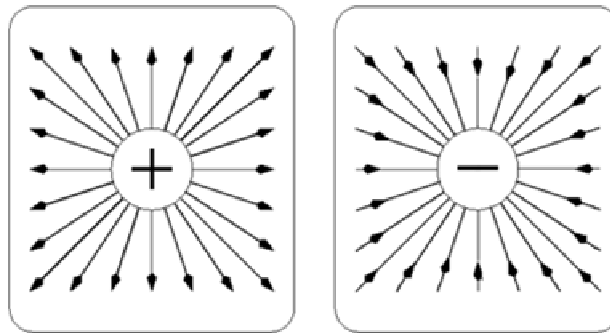
La carica elettrica è una *grandezza quantizzata*, ossia esiste solo in forma di multipli di una quantità fondamentale: la *carica dell'elettrone*, che viene definita come negativa ed indicata con e . Essa vale $-1 \times 10^{-19} \text{ C}$.

- *L'elettrone* è una particella subatomica con carica elettrica negativa. 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 pari a 9.1×10^{-31} , $1/1836$ di quella del protone), è di fondamentale importanza per definire le proprietà chimiche degli elementi. Esso ha momento di spin pari a $+1/2$ o $-1/2$. L'elettrone è soggetto a tutte le interazioni fondamentali tranne alla forza nucleare forte.

- Il nome elettrone fu proposto nel 1891 da George Johnstone *Stoney*. Joseph John *Thompson* dimostrò la natura particellare dell'elettrone, il figlio George Paget Thompson dimostrò la natura corpuscolare e ondulatoria dell'elettrone; esso, infatti, si comporta sia come un'onda sia come una particella, secondo il modello descritto dalla meccanica quantistica.
- Il *campo elettrico* è la regione di spazio in cui agiscono le forze elettriche su altre cariche eventualmente presenti.

Si dice che una carica elettrica, o una distribuzione di cariche elettriche, genera attorno a sé un campo elettrico, nel senso che modifica le proprietà dello spazio circostante in modo che una qualunque altra carica posta nelle vicinanze viene sollecitata da una forza di natura elettrica.

- Il campo elettrico è un *campo vettoriale*, perché caratterizzato da una forza, quella elettrica, ed è *conservativo*, perché il lavoro che si compie per passare da un punto a un altro del campo non dipende dal cammino scelto, ma solo dai punti iniziale e finale. Inoltre esso è formato da *monopoli elettrici* e non è *solenoidale*.



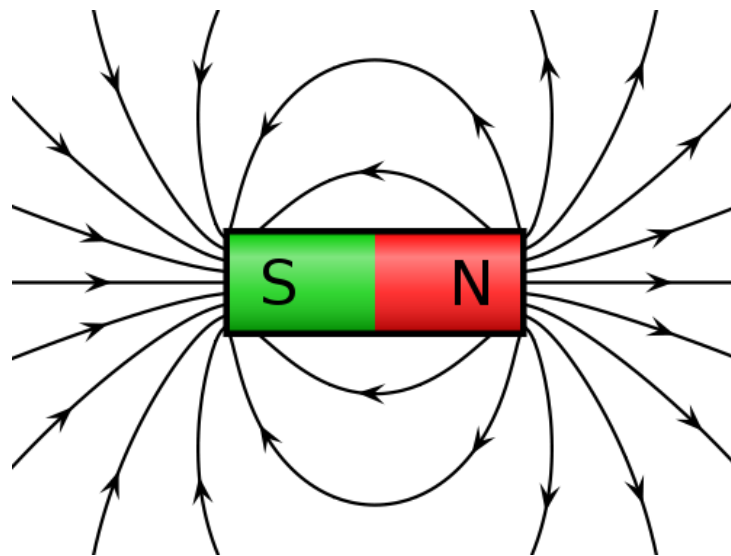
- Un campo elettrico può essere rappresentato graficamente attraverso le *linee di forza*: ciascuna di esse corrisponde, in ogni punto, alla traiettoria che verrebbe percorsa da una carica elettrica posta in quel punto. Inoltre in ogni punto di una linea di forza l'intensità del campo è rappresentata da un vettore tangente alla linea in quel punto. Le linee di forza sono orientate: il loro verso va dalla carica positiva alla carica negativa.
- In fisica il *magnetismo* è quel fenomeno per cui alcuni materiali sono in grado di attrarre il ferro nonché trasmettere tale capacità ad altri materiali.

In particolare per fenomeni stazionari, ovvero non variabili nel tempo, si parla più specificatamente di *magnetostatica* (che presenta alcune analogie formali con l'elettrostatica allorché si sostituiscono alle distribuzioni di carica elettrica le densità di corrente elettrica).

- Si dice che un *magnete* esercita attorno a sé un *campo magnetico*, oppure che un campo magnetico è la regione dello spazio in cui sono sensibili le forze di attrazione e repulsione esercitate da un magnete o da un insieme di magneti. Il campo magnetico è un campo di forze, quindi, analogamente al campo elettrico e al campo gravitazionale, è un *campo vettoriale*. Esso è *solenoidale* e non è possibile che esista un polo magnetico singolo separato dall'altro.
- *Direzione e verso* del campo magnetico vengono descritti dalle linee di forza del campo, che rappresentano, in ogni punto dello spazio, la direzione lungo la quale si disporrebbe un magnetino (usato come magnete di prova per studiare il campo) posto in quel punto. Come

per gli altri campi vettoriali, le linee di forza del campo magnetico sono tangenti alla direzione del campo in ogni punto e sono tanto più fitte quanto più elevata è l'intensità del campo.

- Le *linee di forza* del campo magnetico prodotto da un magnete sono visualizzabili con un'esperienza molto semplice. Un cartoncino ricoperto di limatura di ferro viene appoggiato sopra un magnete; dando delle leggere scosse al cartoncino, la limatura di ferro si magnetizza e ogni piccolo aghetto che la compone si dispone lungo il campo magnetico, componendo il disegno della proiezione sul piano delle linee di forza del campo. Nel caso di una sbarra magnetica le linee di forza sono *linee chiuse* che escono dal polo nord ed



entrano nel polo sud; il verso va quindi dal polo nord al polo sud.

- In particolare, nelle bobine di Helmholtz il campo magnetico si misura con la formula:

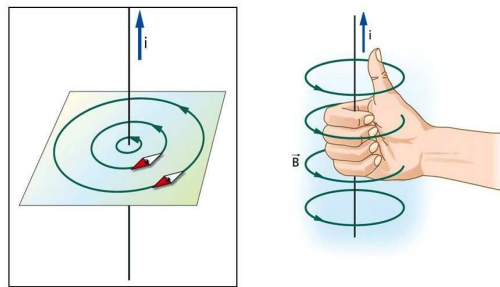
$$B = \left(\frac{4}{5}\right) \frac{\mu_0 NI}{R} = 4,2 \text{ mT} \times i = 4,2 \times 10^{-8} \text{ T} \times i$$

- Nel 1820 il fisico danese *Hans Christian Oersted* (1777-1851) fece una delle scoperte più importanti della storia della fisica: osservò che esisteva un legame tra magnetismo ed elettricità, ponendo le basi di quel ramo della fisica noto con il nome di *elettromagnetismo*.
- Avendo inviato una corrente elettrica lungo un filo di rame collegato ai due poli di una pila, Oersted osservò che l'ago di una bussola posta nelle vicinanze dell'apparecchiatura, inizialmente diretto parallelamente al filo in direzione Nord-Sud, subiva una rotazione di 90° e si disponeva perpendicolare al filo. Invertendo il verso della corrente, l'ago ruotava di 180°, invertendo la posizione dei suoi poli ma restando perpendicolare al filo percorso da corrente. La corretta interpretazione di Oersted fu che un filo elettrico percorso da corrente genera attorno a sé un campo magnetico. Più in generale, l'esperienza di Oersted dimostra che una corrente elettrica genera un campo magnetico. Prima di questo esperimento si era tentato di trovare un legame tra le cariche elettriche e i magneti, ma senza risultato, poiché di fatto un campo magnetico non ha alcun effetto su una carica elettrica in stato di quiete,

ma soltanto su una carica in movimento. Infatti solo le cariche elettriche in moto producono un campo magnetico.

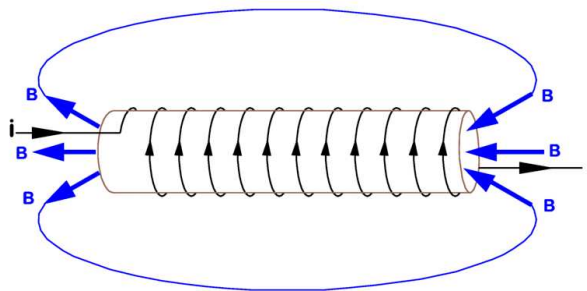
- Le linee di forza del campo magnetico generato da un filo percorso da corrente sono perpendicolari alla corrente in ogni punto: ciò significa che sono rappresentate da *cerchi concentrici* attorno al filo. Il verso delle linee di forza (la direzione del polo nord del

Il campo magnetico di un filo percorso da corrente



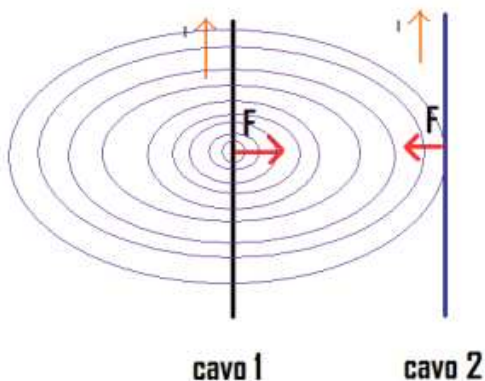
magnetino di prova) è dato dalla regola della mano destra.

- Nel caso in cui la corrente percorra un filo avvolto a spira anziché un filo rettilineo, le linee di forza del campo sono ancora perpendicolari al filo in ogni punto e il suo verso è quello di una vite destrorsa che percorre il filo nel senso della corrente. Un filo percorso da corrente avvolto a spirali ravvicinate costituisce un *solenoid*. Un solenoide percorso da corrente produce anch'esso un campo magnetico, prodotto dalla somma dei campi magnetici di ciascuna spira del solenoide. All'interno del solenoide le linee di forza del campo magnetico sono parallele, ovvero il *campo è uniforme*. Il campo magnetico prodotto da un solenoide percorso da corrente può perciò essere assimilato a quello prodotto da una sbarretta magnetica, i cui poli sono posti agli estremi del solenoide e dipendono dal verso della corrente.



- Nel 1831 *Michael Faraday* scoprì che un filo percorso da corrente, immerso in un campo magnetico, subisce una forza la cui direzione è perpendicolare sia al campo magnetico, sia alla corrente che attraversa il filo. Non solo quindi un filo percorso da corrente esercita una

forza su un magnete, generando un campo magnetico, ma vale anche il viceversa, ovvero un magnete esercita una forza su un filo percorso da corrente. Un campo magnetico genera dunque una forza che non si risente soltanto su un magnete, ma anche su un conduttore percorso da corrente. Ma poiché Oersted dimostrò che un conduttore



percorso da corrente genera un campo magnetico, *Ampère* dedusse che due fili percorsi da corrente devono esercitare una forza l'uno sull'altro, ovvero attrarsi o respingersi a seconda del verso reciproco delle rispettive correnti. Infatti due conduttori rettilinei percorsi da corrente tendono ad attrarsi se sono percorsi da correnti che viaggiano nello stesso verso e tendono a respingersi se le due correnti hanno versi opposti.

- Sull'attrazione tra due fili percorsi da corrente è basata la definizione dell'unità di misura della corrente elettrica, l'*ampere*: esso è definito come la corrente che, percorrendo due conduttori rettilinei paralleli, di lunghezza infinita, posti nel vuoto a una distanza di 1 m l'uno dall'altro, produce fra di essi una forza di $2 \cdot 10^{-7}$ newton per ogni metro di lunghezza. Poiché la materia è costituita di particelle elettricamente cariche in movimento, il legame tra elettricità e magnetismo scoperto da Oersted può venirci in aiuto per spiegare il motivo per cui differenti sostanze hanno un differente comportamento rispetto ai fenomeni magnetici: la spiegazione risiede nel comportamento degli atomi (o delle molecole) quando vengono sottoposti a un campo magnetico.
- Nelle *sostanze diamagnetiche*, che vengono debolmente respinte da un campo magnetico, prevale l'effetto di distorsione del moto degli elettroni: quando applichiamo un campo magnetico esterno a una sostanza diamagnetica, gli elettroni in moto negli atomi (o nelle molecole) della sostanza subiscono una forza, poiché un campo magnetico esercita una forza su una carica in movimento. Il risultato di questa forza è una magnetizzazione degli elettroni, opposta a quella del campo magnetico applicato. Il *diamagnetismo* è una proprietà intrinseca di ogni atomo e molecola; quando in una sostanza ferromagnetica o paramagnetica prevale un comportamento opposto è perché prevale un effetto diverso e più forte, che produce l'attrazione magnetica, ma il diamagnetismo è ancora presente.
- Nelle *sostanze paramagnetiche*, debolmente attratte, prevale l'effetto di orientamento degli elettroni: gli atomi (o le molecole) di queste sostanze, in presenza di un campo magnetico esterno, tendono a orientarsi tutti lungo il campo esterno, dando luogo così a una leggera magnetizzazione addizionale. Il *paramagnetismo* aumenta al diminuire della temperatura e dà luogo a fenomeni abbastanza intensi a temperature prossime allo zero assoluto.
- Le *sostanze ferromagnetiche*, fortemente attratte da un campo magnetico esterno, presentano a livello microscopico una magnetizzazione permanente, ovvero una naturale tendenza a orientare tutti i loro atomi (o le loro molecole) nella stessa direzione. Inoltre, la magnetizzazione delle sostanze ferromagnetiche dipende fortemente dall'intensità del campo magnetico applicato e dalla temperatura: per temperature superiori a un certo valore il *ferromagnetismo* scompare e la sostanza diventa paramagnetica. Un fisico francese, Pierre Weiss (1865-1940), postulò l'esistenza nelle sostanze ferromagnetiche di minuscole zone, dette *domini di Weiss*, all'interno delle quali gli atomi, che possono essere considerati dei piccoli magneti, si allineano in modo da rafforzare le loro proprietà. Queste regioni sono magnetizzate anche in assenza di campo esterno. In presenza di un campo magnetico esterno i domini subiscono delle variazioni che dipendono dall'intensità del campo applicato e che portano alla magnetizzazione del materiale: possono deformarsi, e dunque quello allineato con il campo esterno prende il sopravvento sugli altri, o, per campi più intensi, possono orientarsi tutti nella direzione del campo, rafforzando la loro magnetizzazione.
- Per misurare l'*intensità* di un campo magnetico si usa una "corrente di prova", ovvero un filo percorso da corrente. A questo scopo si considera un tratto di filo di lunghezza l ,

percorso da una corrente I , posto tra i poli di una calamita, ovvero immerso in un campo magnetico.

Come dimostrato da Ampère, il filo subisce una forza F , la cui direzione e verso sono ricavabili mediante la regola della mano sinistra: con l'indice rivolto nella direzione del campo e il medio perpendicolare all'indice, nella direzione della corrente, la direzione della forza è data dal pollice, perpendicolare a entrambi. Se si misura la forza F con un dinamometro, questa risulta proporzionale alla lunghezza del filo l e all'intensità della corrente I :

$$F = B l I$$

dove la costante di proporzionalità B rappresenta l'intensità del vettore campo magnetico.

- L'unità di misura dell'intensità del campo magnetico nel Sistema Internazionale è il *Tesla* (simbolo T). Si dice che un campo magnetico ha intensità di 1 Tesla quando esercita una forza di 1 Newton su un filo conduttore della lunghezza di 1 m percorso da una corrente di 1 ampere.
- Se un campo magnetico esercita una forza su un conduttore percorso da corrente, è lecito pensare che ogni particella carica che si muove in un campo magnetico subisce una forza, poiché la corrente è costituita da cariche in movimento. Questa forza è la *forza di Lorentz*, così detta dal nome del fisico olandese Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928). Per calcolare l'intensità della forza di Lorentz partiamo dalla forza esercitata su un tratto di filo di lunghezza l percorso da una corrente I .

Una particella con carica q che si muove in quel tratto di filo produce una corrente data dalla sua intensità di carica nell'unità di tempo, quindi:

$$I = q/t$$

Se la particella si muove con velocità uniforme v , percorre un tratto l in un tempo t e la corrente si può scrivere:

$$I = (qv)/t$$

così l'intensità della forza di Lorentz diventa:

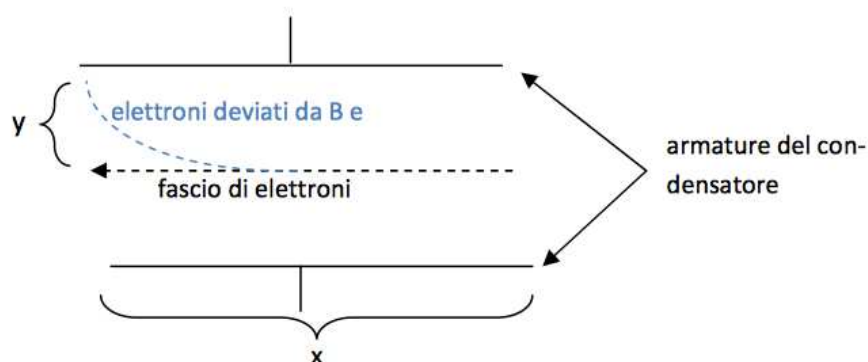
$$F_L = q v B \sin\alpha$$

- La *direzione* della forza di Lorentz è perpendicolare alla velocità della particella e al campo magnetico; il suo *verso* è quello del pollice nella regola della mano sinistra (come per la forza esercitata su un filo percorso da corrente), se la carica è positiva, ed è quello opposto se la carica è negativa.
- Questo effetto è sfruttato negli *acceleratori di particelle ad anello*, che, attraverso l'uso di campi magnetici, costringono le particelle cariche a rimanere confinate su traiettorie circolari. Conoscendo l'intensità dei campi magnetici applicati, e misurando la velocità e il raggio della traiettoria della particella, la formula data sopra può essere utilizzata per determinare la massa di particelle cariche sconosciute.
- In un *moto rettilineo uniforme* (MRU) la velocità non cambia col passare del tempo. Comunque si scelga un intervallo Δt , la velocità media v del corpo è sempre la stessa ed è uguale alla velocità istantanea v .

- Poiché la velocità è costante, gli spostamenti Δs sono proporzionali agli intervalli di tempo Δt in cui avvengono. Infatti, per la definizione di velocità secondo l'equazione (1) si ha:

$$v = \Delta s / \Delta t$$

- Un corpo si muove con *moto rettilineo uniformemente accelerato* (MRUA) quando si sposta lungo una retta con accelerazione costante. In un moto rettilineo uniformemente accelerato l'accelerazione non cambia col passare del tempo. Comunque si scelga un intervallo Δt , l'accelerazione media a del corpo è sempre la stessa ed è uguale all'accelerazione istantanea a .
- Nella nostra esperienza avremo una situazione analoga a quella rappresentata sotto:



- Unfascio di elettroni, se non perturbato da campo magnetico od elettrico, segue un moto rettilineo uniforme orizzontale, con legge oraria $X = v_0 t$. Se perturbato da campi magnetici o elettrici, il fascio devia in direzione verticale e inizia a seguire un moto uniformemente accelerato perché interviene una forza (in questo caso la forza esercitata dal campo elettrico generato dal condensatore) secondo la legge $y = 1/2 a t^2$. Il moto degli elettroni si trova mettendo a sistema queste due condizioni.
- Dato che, secondo la legge della dinamica, $F = ma$, l'accelerazione si può scrivere come $a = F/m$ e in questa esperienza la forza è quella del campo elettrico, quindi $a = F_{el}/m$, $a = (q e)/m$ può essere sostituita nel sistema. Dalla legge $V = x/t$ si ricava che il tempo è dato dal rapporto tra spazio percorso e velocità, quindi $t = x/V$.
- Facendo gli opportuni calcoli sostituendo le formule nel sistema si arriverà alla legge che permette di trovare il rapporto carica massa dell'elettrone:

$$q_{el} / m = (2y/x^2) \times (V^2/E)$$

dove y è la deflessione provocata dal campo elettrico, x la lunghezza delle armature del condensatore, V la velocità della particella ed E il campo elettrico.

- Il campo elettrico E di un condensatore si trova facendo il rapporto tra ΔV (la differenza di potenziale misurata dal voltmetro) e d la distanza tra le due armature del condensatore.
- Per quanto riguarda la velocità, essa è ricavabile dal rapporto di equivalenza tra il campo elettrico e il campo magnetico, dato che in questa esperienza sono stati regolati in modo da

compensarsi a vicenda.

$$F_{El} = F_M$$

- La forza esercitata dal campo elettrico è

$$F_{El} = q \cdot E$$

mentre quella esercitata dal campo magnetico equivale alla forza di Lorentz, cioè

$$F_L = q v B \sin\alpha$$

- Dato che l'angolo formato tra il campo magnetico e gli elettroni è di 90° , e dato che il seno di 90° è 1, la formula diventa

$$F_L = q v B$$

ed uguagliando le due forze si ottiene:

$$q E = q v B$$

da cui si semplifica la carica e si ricava la velocità, che diventa: $v = E/B$

- 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. Il modulo della forza è quindi:

$$F = q v B \sin\alpha$$

Si può dimostrare, con $F = ma$, 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:

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

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

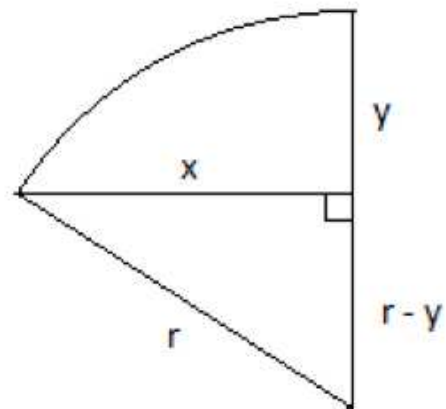
$$2ry = x^2 + y^2$$

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

Abbiamo così trovato il raggio di Larmor sperimentale.

Il raggio di Larmor teorico è dato dalla formula

$$R_L = mV / qB$$



- In questa esperienza calcoleremo anche lo scarto percentuale tra le due misure trovate: se tale scarto sarà inferiore al 20% allora l'esperienza si potrà definire riuscita.

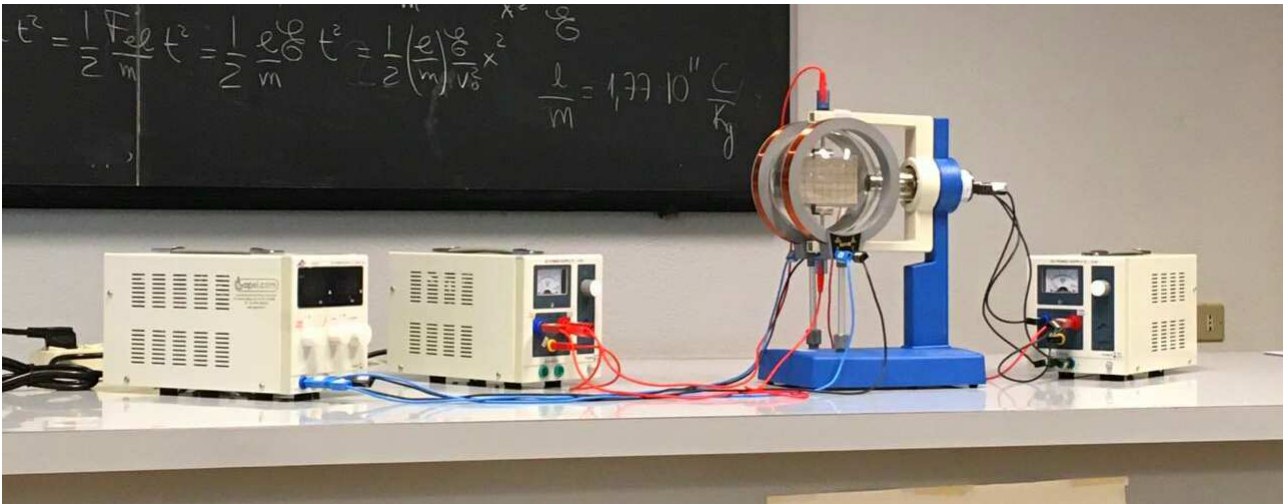
$$\frac{X_{max} - X_{min}}{X_{min}}$$

Scarto%=

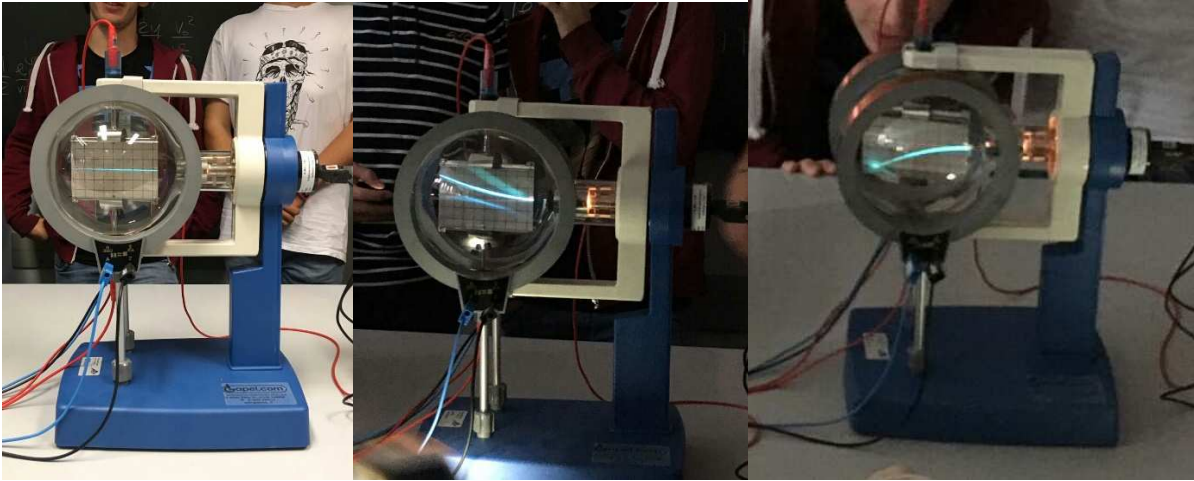
dove X_{max} e X_{min} rappresentano i due valori di R , di cui uno è trovato sperimentalmente, mentre l'altro è quello teorico.

- 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.

MONTAGGIO DELL'ESPERIENZA:



Collego un alimentatore al catodo e all'anodo del tubo catodico. Grazie alla presenza di un potenziale tra essi, gli elettroni ricevono energia sufficiente per allontanarsi dal metallo; essi diventano un fascio che giunge fino al condensatore. Al loro passaggio, la griglia fluorescente si illumina e ci permette di osservare il fascio altrimenti invisibile. Il condensatore, al quale è collegato un altro alimentatore, genera un campo elettrico; le bobine di Helmholtz, collegate anch'esse ad un alimentatore, generano invece un campo magnetico uniforme. Accendendo solo il primo alimentatore (tubo catodico) il fascio di elettroni risulta orizzontale. Accendendo quello collegato al condensatore, il campo elettrico devia il fascio in un arco di parabola. Il fascio verso la fine, non essendo molto collimato, è meno intenso perché gli elettroni si disperdono. Accendendo l'alimentatore collegato alle bobine, il campo magnetico fa deviare il fascio secondo un arco di circonferenza in senso opposto al precedente. Se si accendono questi ultimi contemporaneamente (c.magnetico e c.elettrico equivalenti e perpendicolari), le deflessioni ottenute si equilibrano e il fascio di elettroni risulta nuovamente orizzontale.



Per trovare la misura del rapporto carica-massa dell'elettrone, è necessario calcolare l'intensità del campo elettrico e di quello magnetico e la velocità dell'elettrone. Abbiamo ripetuto l'esperienza 4 volte, cambiando i valori ma assicurandoci che il fascio rimanesse orizzontale. Rilevati tutti gli altri valori necessari, abbiamo trovato la misura del rapporto e abbiamo verificato il valore ottenuto con quello teorico.

Per la seconda parte dell'esperienza, calcoliamo coi dati precedenti il raggio di Larmor, verificando così la forza di Lorentz.

DATI ED ELABORAZIONE:

$$d = 5,4 \text{ cm} = 0,054 \text{ m}$$

$$L \text{ (armature)} = 0,07 \text{ m (prove 1,2,3)}$$

$L = 0,06 \text{ m}$ (prova 4); a causa della troppa deflessione non siamo infatti riusciti a prendere in considerazione tutta la lunghezza.

Compiliamo la seguente tabella con i dati ricavati sperimentalmente e svolgendo gli opportuni calcoli, come illustrato nelle premesse teoriche.

#	ΔV_p [V]	i [A]	y [m]	y' [m]	E [v/m]	B [T]	V_0 [m/s]	q_{el}/m	$R_L \text{ sper.}$ [m]	$R_L \text{ teo.}$ [m]
1	1000	0,13	0,008	0,008	18518	$5,46 \times 10^{-4}$	$3,39 \times 10^7$	$2,02 \times 10^{11}$	0,30	0,35
2	1800	0,20	0,011	0,013	33333	$8,4 \times 10^{-4}$	$3,96 \times 10^7$	$2,12 \times 10^{11}$	0,19	0,30
3	2400	0,35	0,017	0,025	44444	$1,47 \times 10^{-3}$	$3,02 \times 10^7$	$1,42 \times 10^{11}$	0,11	0,12
4	3400	0,41	0,019	0,02	62962	$1,72 \times 10^{-3}$	$3,66 \times 10^7$	$2,17 \times 10^{11}$	0,10	0,12

PRIMA PARTE RAPPORTO CARICA MASSA

Valore medio $q/m = 1,93 \times 10^{11}$

Valore teorico $= 1,77 \times 10^{11}$

Scarto percentuale $= [(1,93 \times 10^{11} - 1,77 \times 10^{11}) / 1,93 \times 10^{11}] \times 100 = 8,3 \%$

SECONDA PARTE RAGGIO LARMOR

R sperimentale medio $= 0,18 \text{ m}$

R teorico medio $= 0,22 \text{ m}$

Scarto percentuale $= [(0,22 - 0,18) / 0,22] \times 100 = 18,1 \%$

CONCLUSIONI:

La misura del rapporto carica-massa dell'elettrone è stata eseguita con successo nonostante i vari errori a cui è inevitabilmente sottoposta l'esperienza: lo scarto percentuale infatti risulta essere inferiore al 20%. La stessa situazione si è verificata nella seconda parte, per quanto riguarda il calcolo del raggio di Larmor: nonostante lo scarto risulti maggiore, i risultati sono attendibili.