

# Misura del rapporto carica su massa di elettroni non relativistici

C.d.L. in Fisica, a.a. 2022-2023

Università degli Studi di Milano

Lucrezia Bioni, Leonardo Cerasi, Giulia Federica Bianca Coppi

## 1 Introduzione

L'elettrone è una particella carica e massiva: in questa esperienza ci si propone di misurare il suo rapporto carica-massa  $\frac{e}{m}$  in condizioni non relativistiche.

Le misurazioni vengono effettuate in tre casi distinti: perpendicolarmente, parallelamente e antiparallelamente al campo magnetico terrestre.

### 1.1 Metodo

In un'ampolla contenente gas idrogeno a bassa pressione (circa  $10^{-2}$  torr), è posta una resistenza che, essendo percorsa da corrente elettrica alternata, scalda un catodo che produce elettroni per effetto termoelettrico. Questi, accelerati dalla differenza di potenziale  $\Delta V$  presente tra il catodo e l'anodo, vengono fatti collimare in un unico fascio, la cui traiettoria viene deviata dalla forza di Lorentz - ortogonale al vettore velocità degli elettroni - generata dal campo magnetico  $B_z$  prodotto dalle bobine di Helmholtz poste ai lati dell'ampolla: il cammino percorso dal fascio assume una forma circolare grazie alla regolazione dell'intensità di  $B_z$ .

Gli elettroni, sul loro percorso, collidono contro le molecole di idrogeno, emettendo fotoni ad una lunghezza d'onda di circa 4500 Å. Il raggio della circonferenza visibile risulta fondamentale per la determinazione della grandezza interessata come mostrato dalla seguente equazione:

$$\frac{e}{m} = \frac{2\Delta V}{(B_z R)^2} \quad (1.1.1)$$

dove  $e$  ed  $m$  rappresentano rispettivamente la carica elettrica e la massa dell'elettrone,  $\Delta V$  rappresenta la differenza di potenziale,  $B_z$  rappresenta il campo elettrico generato dalle bobine di Helmholtz e  $R$  rappresenta il raggio della circonferenza compiuta dagli elettroni.

In base alla differente influenza del campo magnetico terrestre, il campo magnetico effettivo a cui è sottoposto il fascio di elettroni varia: è dunque necessario andare a stimare il contributo di quest'ultimo in modo da poter fornire un risultato più accurato al valore finale della grandezza interessata.

## 2 Misure

La determinazione delle grandezze utili a fornire un valore di  $e/m$  richiede la determinazione preliminare del raggio medio delle bobine di Helmholtz: tale misurazione viene compiuta attraverso l'utilizzo di un calibro di risoluzione 0.02 mm. Le bobine di Helmholtz hanno la caratteristica di essere poste ad una distanza equivalente al loro raggio medio, dunque si procede misurando la loro distanza per eccesso e per difetto - 5 misurazioni per entrambe le distanze - e come valore finale si fornisce la media delle due medie ottenute dai due set di dati. Come incertezza, invece, viene fornita la somma in quadratura delle deviazioni standard dei due set di dati:

$$R_b = (15.63 \pm 0.07) \text{ cm} \quad (2.2)$$

$R_b$ per difetto [cm]	$R_b$ per eccesso [cm]
13.45	17.77
13.51	17.80
13.48	17.69
13.76	17.74
13.43	17.70

Tab. 1: Misure del raggio medio delle bobine di Helmholtz per difetto e per eccesso.

$media\ per\ difetto\ [textcm]$	$\sigma_{dif}[textcm]$	$media\ per\ eccesso\ [textcm]$	$\sigma_{ecc}[textcm]$
0.14	17.74	0.05	13.52

Tab. 2: Medie per difetto e per eccesso con relative deviazioni standard

Tutte le misure effettuate sono riportate nella ??

Si è poi misurata la distanza  $A$  tra la seconda lente dell'apparato e lo specchio rotante. La misura è stata effettuata attraverso un calibro di risoluzione 0,01 m, che è stata attribuita come incertezza di  $a$ .

$$a = (0.474 \pm 0.001) \text{ m} \quad (2.3)$$

Dopo aver avviato lo specchio rotante in senso orario a una frequenza di rotazione  $\nu_0$  nell'intervallo [10, 20] Hz, si è misurata, mediante micrometro di risoluzione 0.00001m, la posizione dello spot luminoso  $\delta_0$  visibile attraverso un microscopio. Si è poi portato lo specchio in un intorno della frequenza massima di rotazione  $\nu$  e si è misurata, sempre mediante micrometro, la nuova posizione dello spot luminoso  $\delta$ . Tale set di misure è stato ripetuto per 30 volte. I dati rilevati sono riportati nella tabella *referimento – alla – tabella*.

Si sono prese le medesime misure di posizione, a frequenza minima e a frequenza massima, facendo ruotare lo specchio in senso antiorario. I dati rilevati sono riportati nella tabella *referimento – alla – tabella*.

Si sono poi effettuate misure di posizione dello spot luminoso portando lo specchio dalla frequenza massima di rotazione in senso orario  $\nu_0$  alla frequenza massima di rotazione in senso antiorario  $\nu$ . I dati rilevati sono riportati nella tabella *referimento – alla – tabella*.

Infine, si sono rilevate misure di posizione dello spot luminoso con lo specchio a frequenza minima di rotazione ( [10, 20] Hz ) e a frequenze intermedie, sia in senso orario (i dati sono riportati nella tabella *referimento – alla – tabella*) sia in senso antiorario (i dati sono riportati nella tabella *referimento – alla – tabella*).

### 3 Analisi dati

#### 3.1 Stima degli errori

### 4 Appendice

$\Delta V$ [V]	$d$ [m]	$R$ [m]	$I$ [A]	<i>Termine correttivo</i>	$B(0)$ [A/m]	$B(R)$ [A/m]
334,4	0,09542	0,04771	1,667	0,99567	0,00124662	0,001241223
275,0	0,09542	0,04771	1,545	0,99567	0,001155386	0,001150383
297,8	0,09814	0,04907	1,497	0,995265	0,001119491	0,00111419
321,5	0,09814	0,04907	1,597	0,995265	0,001194273	0,001188618
300,6	0,09542	0,04771	1,518	0,99567	0,001135195	0,001130279
258,3	0,09814	0,04907	1,393	0,995265	0,001041717	0,001036785
298	0,09814	0,04907	1,545	0,995265	0,001155386	0,001149915
330,5	0,09814	0,04907	1,628	0,995265	0,001217455	0,001211691
386,6	0,09814	0,04907	1,739	0,995265	0,001300464	0,001294306
353,6	0,09814	0,04907	1,689	0,995265	0,001263073	0,001257092
310,8	0,093	0,0465	1,639	0,995265	0,001225681	0,001219878
340,4	0,1101	0,05505	1,503	0,995265	0,001123978	0,001118656
365,7	0,08635	0,043175	1,859	0,995265	0,001390202	0,00138362
334,5	0,09814	0,0465	1,692	0,995265	0,001265316	0,001259325
302,2	0,09814	0,04907	1,575	0,99486	0,001177821	0,001171767
326,5	0,09814	0,04907	1,637	0,995265	0,001224186	0,001218389
344	0,09814	0,04907	1,721	0,995265	0,001287003	0,001280909
358,4	0,09814	0,04907	1,779	0,995265	0,001330377	0,001324077
342,7	0,09814	0,04907	1,676	0,995265	0,001253351	0,001247416
314	0,09814	0,04907	1,617	0,995265	0,001209229	0,001203504

Tab. 3: Campo Magnetico terrestre ortogonale al campo magnetico generato dalle bobine di Helmholtz. Si riportano i valori della differenza di potenziale  $\Delta V$ , del diametro  $d$  della circonferenza percorsa dagli elettroni e del conseguente raggio  $R$ , dell'intensità di corrente  $I$  e del termine correttivo utilizzato per correggere il campo magnetico  $B(0)$  - colonna 5 - all'effettivo valore  $B(R)$  - colonna 6 -.