

Università degli studi di Catania
Corso di laurea in fisica

Tesina sulla prova pratica di laboratorio
realizzata il 20/04/04
da

Trovato Agata

Matricola numero 665/0000022

Esperienza

*Determinazione della sensibilità balistica di un galvanometro
balistico e misura di capacità incognite*

INTRODUZIONE TEORICA E DESCRITTIVA

Scopo dell'esperienza

Lo scopo dell'esperienza è la misura della costante balistica di un galvanometro balistico in diverse condizioni. Nota tale costante, occorre calcolare il valore della capacità di un altro condensatore collegato al circuito.

Descrizione del galvanometro balistico

Un galvanometro, come del resto anche un amperometro, è costituito da un magnete permanente a forma di ferro di cavallo, fra le cui espansioni si trova una bobina montata su un supporto in modo tale da poter ruotare attorno ad un'asse ortogonale alle linee di forza del campo magnetico. Il funzionamento dello strumento si basa sull'esistenza di un'interazione fra campi elettrici e magnetici. Infatti, su una spira percorsa da corrente in presenza di un campo magnetico agisce un momento meccanico che tende a farla ruotare. Tale momento è proporzionale alla corrente i che circola nella spira, quindi per poter valutare i è utile applicare all'asse di rotazione una molla opportuna che eserciti un momento di richiamo $M = c\theta$ sulla spira. In tal modo la spira comincia ad oscillare finché non raggiunge l'equilibrio nella posizione in cui i due momenti sono uguali. Valutando questa posizione è quindi possibile conoscere i . In particolare il galvanometro si differenzia dall'amperometro perché permette di misurare correnti di intensità molto bassa dunque le forze che agiscono e i momenti generati sono molto deboli. Ciò ha varie conseguenze. Innanzitutto è conveniente che l'equipaggio mobile sia costituito da una bobina contenente molte spire (anche centinaia). In secondo luogo si avrà bisogno di momenti di richiamo estremamente ridotti, ottenibili anche solo mediante la torsione del filo che regge la spira. Infine, per esaltare le piccole rotazioni della bobina, si usa il metodo di Poggendorf: si applica al filo di sospensione dell'equipaggio mobile uno specchio che riflette un raggio luminoso fisso su una scala graduata posta ad una distanza l ; dalla deviazione del raggio di luce si può così risalire all'angolo di

torsione e all'intensità della corrente che ha provocato lo spostamento.

Il galvanometro può anche essere usato per misurare la quantità di carica che lo ha attraversato ed in tal caso si parla di *galvanometro balistico*. Ogni galvanometro può funzionare da balistico, purché si invii nello strumento una corrente elettrica per un tempo breve rispetto al periodo di oscillazione proprio dell'equipaggio mobile T (solitamente l'equipaggio mobile di un galvanometro balistico ha un elevato momento d'inerzia, in modo che il suo periodo di oscillazione risulta assai lungo, pari ad alcuni secondi). Questo vuol dire che quando la carica è passata il sistema ha iniziato a muoversi ma non ha compiuto un'oscillazione completa. Per capire le caratteristiche di un galvanometro balistico occorre studiare l'equazione del moto dell'equipaggio mobile. In base al secondo principio della dinamica per le rotazioni la risultante dei momenti meccanici esterni agenti su un corpo è pari al prodotto del suo momento d'inerzia rispetto all'asse di rotazione per la sua accelerazione angolare. Applicando questa legge nel caso dello strumento considerato risulta:

$$j i - b \dot{J} - c J = I \ddot{J}$$

dove $j i$ è il momento della forza magnetica (precisamente $j = nAB$, essendo n il numero di spire, A l'area di ogni spira, B il campo magnetico), $b \dot{J}$ è il momento della forza d'attrito e $c J$ è il momento della forza di richiamo. L'equazione trovata è identica a quella di un oscillatore smorzato, e ciò si nota meglio se si scrive nella forma:

$$I \ddot{J} + b \dot{J} + c J = j i$$

Il termine di smorzamento $b \dot{J}$ è legato agli attriti presenti nel sistema che sono solo in piccola parte di natura meccanica, ovvero dovuti alla resistenza dell'aria in cui la spira si muove o alla presenza di vincoli. In effetti, la causa principale dello smorzamento è la produzione di correnti indotte nell'equipaggio per effetto della sua rotazione in un campo magnetico. Risolvendo l'equazione si può verificare che l'entità dello smorzamento dipende dalla resistenza su cui il galvanometro è chiuso. In particolare esiste un valore della resistenza complessiva vista dal galvanometro, detto *resistenza critica* R_c , tale che per $R < R_c$ l'equipaggio mobile si porta

asintoticamente all'equilibrio senza oscillare, per $R = R_c$ il moto della bobina è aperiodico e la posizione di equilibrio si raggiunge subito, per $R > R_c$ il moto diventa oscillatorio smorzato.

Nel caso del galvanometro balistico è possibile, inoltre fare delle ipotesi che rendono più semplice la risoluzione dell'equazione del moto. Detto t' l'intervallo di tempo necessario affinché la carica q attraversi il galvanometro, si può supporre che all'istante t' la bobina ha una velocità angolare non nulla (in quanto ha iniziato a muoversi), ma la sua posizione finale è la stessa di quella iniziale, dato che $t' \ll T$. Così, integrando tra 0 e t' l'equazione del moto si ottiene

$$I [J(t') - J(0)] + b [J(t') - J(0)] + c \times 0 = j q$$

dove $\int_0^{t'} J dt = 0$ perché si sta supponendo che $J = 0$ nell'intervallo di integrazione. Per lo stesso motivo risulta pari a zero anche il secondo addendo del primo membro. Se poi si ricorda che la velocità angolare iniziale è nulla e si indica con w' quella finale, l'espressione precedente si riduce a

$$I w' = j q$$

Questa relazione potrebbe essere usata per il calcolo di q attraverso misure dirette fatte in laboratorio se non fosse presente w' che è difficile da misurare sperimentalmente. Il problema si può risolvere considerando l'equazione della spira al termine del passaggio della carica (cioè dopo che è trascorso il tempo t'):

$$I \ddot{J} + b \dot{J} + c J = 0$$

Ipotizzando, per semplicità, che gli attriti siano trascurabili ed il coefficiente di smorzamento si possa considerare nullo l'equazione precedente diventa:

$$I \ddot{J} + c J = 0$$

che è la nota equazione di un moto periodico la cui soluzione vale

$$J = J_0 \text{sen} \left(\frac{2p}{T} t + f \right)$$

dove J_0 è la massima ampiezza dell'oscillazione, $\frac{2p}{T}$ è la pulsazione del moto armonico e f è la fase iniziale. Derivando la soluzione si ottiene

$$w(t) = \dot{J} = J_0 \frac{2p}{T} \cos\left(\frac{2p}{T}t + f\right)$$

Poiché w' è la velocità angolare all'istante t , ma è pure la massima velocità raggiungibile, allora sarà

$$w' = J_0 \frac{2p}{T} = J_0 \sqrt{\frac{k}{I}}$$

Usando questa relazione è possibile misurare indirettamente w' mediante la misura diretta di J_0 , che è più semplice da realizzare. Si conclude che nel caso di smorzamento nullo

$$q = \frac{I}{j} w' = \frac{I}{j} J_0 \sqrt{\frac{k}{I}} = \frac{\sqrt{kI}}{j} J_0$$

Questa relazione indica che *la quantità di carica che attraversa lo strumento è proporzionale alla massima elongazione*. Si può dimostrare che tale proporzionalità si presenta anche nel caso di moto aperiodico o pseudoperiodico, pur con una costante di proporzionalità diversa (in realtà, poiché gli attriti tendono a smorzare le oscillazioni, questa dipendenza si potrà ritenere valida solo per la prima oscillazione). La costante di proporzionalità si chiama *costante balistica* e si indica con

$$K_B = \frac{q}{J_0}$$

Se si adopera il metodo di Poggendorf si può approssimare $J_0 = \frac{d}{l}$, per cui

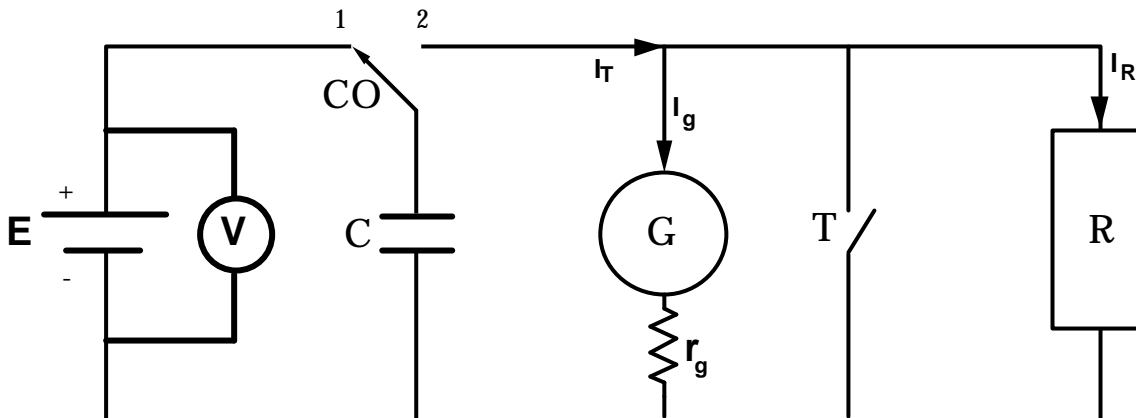
$$K_B = q \frac{d}{l}$$

L'inverso della costante balistica indica la sensibilità balistica. In particolare la costante balistica calcolata in condizioni di smorzamento nullo si indica con K_B^∞ mentre se la si calcola nel caso di smorzamento critico si denota con K_B^C e dalla soluzione

dell'equazione del moto nei due casi si deduce che $\frac{K_B^C}{K_B^\infty} = e$

Descrizione del circuito utilizzato

Per ottenere una corrente impulsiva di durata inferiore al periodo di oscillazione proprio del galvanometro è possibile sfruttare la scarica di un condensatore mediante il seguente circuito:



E indica un alimentatore e V è un voltmetro a più portate inserito in parallelo in modo da poter leggere con più precisione la tensione fornita dal generatore. C è un condensatore, G è un galvanometro con la sua resistenza interna e CO è un deviatore: quando esso è nella posizione 1 il condensatore si carica, quando lo si sposta nella posizione 2 il condensatore si scarica sulla resistenza interna del galvanometro. T è un tasto che serve per riportare rapidamente a zero il galvanometro dopo che ha eseguito la prima oscillazione, infatti, chiudendolo si fa cortocircuitare il galvanometro arrestandone il moto. R è una resistenza nota esterna al galvanometro, utile per ottenere le condizioni di smorzamento critico o smorzamento che decresce esponenzialmente nel tempo (si tratta di una resistenza variabile a cassetta).

Applicando la seconda legge di Kirchhoff all'ultima maglia (quella contenente il galvanometro e la resistenza) si ha che $RI_R = r_g I_g$ mentre per la prima legge di Kirchhoff $I_T = I_g + I_R$, quindi si può ricavare I_g mettendo a sistema le due equazioni. Risulta

$$I_g = \frac{RI_R}{r_g} = \frac{R(I_T - I_g)}{r_g} \Leftrightarrow I_g \left(1 + \frac{R}{r_g}\right) = \frac{R}{r_g} I_T \Leftrightarrow I_g = \left(\frac{R}{R + r_g}\right) I_T$$

Per ricavare la carica q che ha attraversato il galvanometro occorre integrare rispetto al tempo; gli estremi di integrazione dovrebbero essere 0 e ∞ però, anche se in teoria la scarica del condensatore avviene matematicamente in un tempo infinito, il tempo effettivo è

finito (è un multiplo del tempo caratteristico) e può essere usato come secondo estremo di integrazione. Eseguendo queste operazioni si ottiene $q = \left(\frac{R}{R+r_g} \right) Q$, dove Q è la carica immagazzinata nel condensatore che vale $Q = CV$, per cui sostituendo si ha $q = \left(\frac{R}{R+r_g} \right) CV$. Era già stato ricavato in precedenza che $K_B = q \frac{l}{d}$, ora sostituendo il valore ottenuto si può concludere che

$$K_B = \left(\frac{R}{R+r_g} \right) CV \left(\frac{l}{d} \right) \quad (1)$$

Si noti che la costante balistica dipende dalla resistenza su cui è chiuso il galvanometro. Se risulta $R \gg r_g$ si può bene approssimare

$$K_B = \frac{CVl}{d} \quad (2)$$

Si intuisce subito che, trovata la costante balistica, questo circuito può essere adoperato per misurare delle capacità incognite. Se, infatti, si sostituisce il condensatore di capacità nota con quello di capacità incognita C_x , risulterà $K_B = \frac{C_x V l}{d_x}$ e quindi dividendo membro a membro si ottiene

$$C_x = \frac{C d_x}{d} \quad (3)$$

Descrizione pratica dell'esperienza

Dopo aver montato il circuito, ho posizionato la manopola selettiva della sensibilità del galvanometro nella posizione "DIRECT" (perché le misure riguardano la carica) e collocato l'indice luminoso sullo zero della scala (i galvanometri non hanno una loro calibratura ma vanno tarati ad ogni utilizzo). Ho, poi, fissato un valore della tensione fornita dal generatore facendo delle prove per verificare che alla tensione scelta l'indice luminoso si spostasse apprezzabilmente senza andare a fondo scala. A questo punto

inizia l'esperienza vera e propria. La prima parte consiste nel rilevare i dati necessari per il calcolo della costante balistica per vari valori della resistenza su cui è chiuso il galvanometro. Innanzitutto ho fissato la resistenza in modo che $R+r_g=R_C$, dove R_C è la resistenza critica del galvanometro (questo serve per misurare la costante balistica critica K_B^c) e dato che i valori forniti dal costruttore sono $R_C=100\Omega$ e $r_g=14\Omega$, occorre che sia $R=86\Omega$. Poi ho posto il deviatore nella posizione 1 e ho atteso che il condensatore si caricasse (basta meno di un secondo). Poi l'ho spostato nella posizione 2. Assistendo, allora, al movimento dell'indice luminoso del galvanometro ho annotato la deviazione da esso subita alla prima oscillazione. Poiché l'indice si muove molto velocemente, la bontà della misura della deviazione è affidata unicamente alla prontezza dell'occhio dell'osservatore. Per tentare di ridurre questa possibile causa di errore ho ripetuto la stessa misura varie volte. In seguito ho invertito i fili all'ingresso del galvanometro e ripetuto la stessa misura (questo è necessario per ridurre gli errori dovuti alla taratura dello zero della scala). Tutte le operazioni descritte sono state eseguite nuovamente nel caso di smorzamento quasi nullo, cioè per $R=\infty$ (condizione che si ottiene in laboratorio disinserendo la cassetta di resistenze), e per vari valori di resistenze (per poter verificare come varia K_B al variare di $R_T=R+r_g$). In ogni misura della deviazione, prima di spostare il commutatore da 1 a 2, ho verificato che il voltmetro segnasse la stessa tensione fissata inizialmente e che l'indice luminoso del galvanometro si trovasse sullo zero della scala.

Nella seconda parte dell'esperienza ho sostituito il condensatore di capacità nota con quello di capacità incognita e ripetuto lo stesso identico procedimento di cui ho già parlato, avendo cura di utilizzare le stesse tensioni e le stesse resistenze.

DATI SPERIMENTALI E LA LORO ELABORAZIONE

Calcolo della costante balistica critica

Fissando $R=86\Omega$ e la tensione a 6 Volt, ho realizzato 2 serie di 5 misure che si differenziano per l'inversione dei fili all'ingresso del galvanometro (le deviazioni sono espresse in mm):

31	30	30	31	31
-32	-32	-32	-31	-32

Dall'elaborazione di questi dati si ottiene che $d = 31,200 \pm 1,031 [mm]$. Per il calcolo di K_B^C considero che $\Delta d = 1mm$ ed uso i valori noti $C = 0,2mF$, $l = 40cm = 0,4m$ e $\Delta l = 0,1cm = 0,001m$. L'incertezza sulla misura della tensione è data da $\Delta V = \sqrt{(\Delta V_l)^2 + (\Delta V_{c.p.})^2}$, dove ΔV_l è l'errore di lettura sulla scala del voltmetro e $\Delta V_{c.p.}$ è l'errore di precisione. Dato che la classe di precisione del voltmetro usato è $c.p. = 1$ ed il fondo scala vale 15 V (le divisioni della scala sono 150), risulta $\Delta V_l = 0,1V$ e $\Delta V_{c.p.} = \frac{c.p.}{100} f.s. = \frac{15V}{100} = 0,15V$. L'errore massimo assoluto a priori è quindi $\Delta V = \sqrt{(0,1)^2 + (0,15)^2} = 0,18V$.

Utilizzando la formula (1) ottengo

$$K_B^C = (1,323 \pm 0,087) \times 10^{-8} \left[C \frac{m}{mm} \right]$$

Per il calcolo dell'errore ho considerato sia l'errore massimo assoluto a priori

$$\Delta K_B^C = \left| \frac{\partial K_B^C}{\partial V} \right| \Delta V + \left| \frac{\partial K_B^C}{\partial l} \right| \Delta l + \left| \frac{\partial K_B^C}{\partial d} \right| \Delta d = \left| \frac{RCl}{(R+r_g)d} \right| \Delta V + \left| \frac{RCV}{(R+r_g)d} \right| \Delta l + \left| -\frac{RCVl}{(R+r_g)d^2} \right| \Delta d,$$

sia l'errore statistico

$$s_{K_B^C} = \sqrt{\left(\frac{\partial K_B^C}{\partial d} \right)^2} s_d = \left| \frac{\partial K_B^C}{\partial d} \right| s_d = \left| -\frac{RCVl}{(R+r_g)d^2} \right| s_d.$$

Si noti che l'errore relativo che risulta essere pari al 6,45%.

Calcolo della costante balistica a smorzamento quasi nullo

Mantenendo la tensione a 6 Volt e staccando il collegamento alla resistenza ho potuto osservare le seguenti deviazioni dell'indice luminoso (le misure si intendono ancora in mm):

82	83	82	83	82
-85	-83	-84	-84	-83

Da questi dati si ottiene $d = 83,100 \pm 1,048 [mm]$. Usando la formula (2) ricavo che

$$K_B^\infty = (5,776 \pm 0,263) \times 10^{-9} \left[C \frac{m}{mm} \right]$$

In questo caso gli errori valgono

$$\Delta K_B^\infty = \left| \frac{\partial K_B}{\partial V} \right| \Delta V + \left| \frac{\partial K_B}{\partial l} \right| \Delta l + \left| \frac{\partial K_B}{\partial d} \right| \Delta d = \left| \frac{Cl}{d} \right| \Delta V + \left| \frac{CV}{d} \right| \Delta l + \left| -\frac{CVl}{d^2} \right| \Delta d$$

$$s_{K_B^\infty} = \sqrt{\left(\frac{\partial K_B}{\partial d} \right)^2} s_d = \left| \frac{\partial K_B}{\partial d} \right| s_d = \left| -\frac{CVl}{d^2} \right| s_d$$

Si noti che l'errore relativo che risulta essere pari al 4,45%.

Verifica della variazione della costante balistica al variare della resistenza

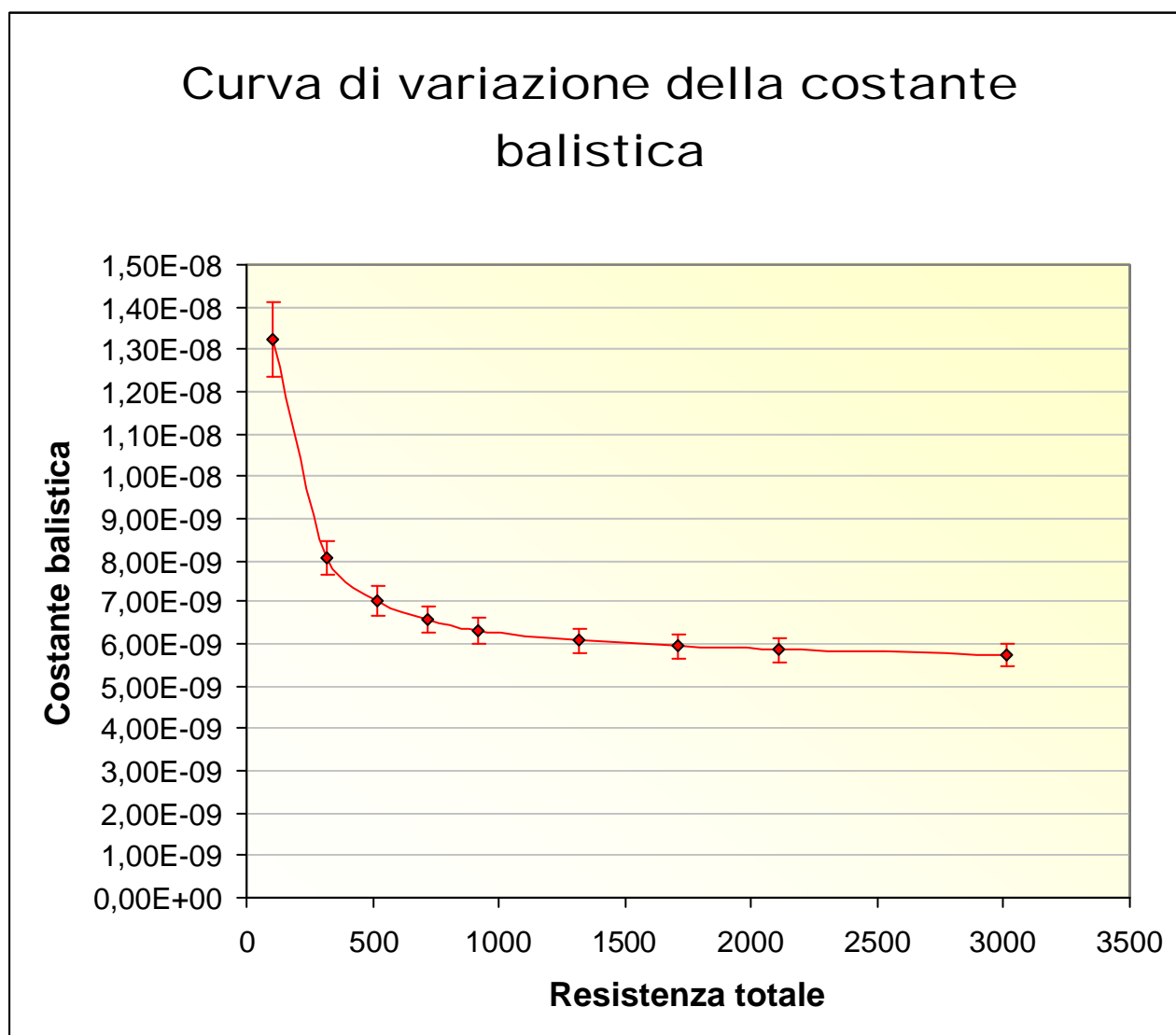
I dati rilevati in laboratorio mantenendo la tensione fissa a 6 Volt sono i seguenti:

Resistenza(O)	d(mm)	d(mm)	d(mm)	d(mm)	d(mm)
314	57	56	56	57	56
314	-57	-58	-58	-57	-57
514	65	65	65	65	66
514	-66	-65	-66	-65	-65
714	69	70	70	70	70
714	-70	-69	-70	-70	-69
914	73	73	73	72	72
914	-73	-73	-72	-73	-72
1314	76	76	76	75	75
1314	-75	-75	-76	-75	-76
1714	77	77	77	77	77
1714	-78	-77	-77	-78	-77
2114	79	78	78	78	79
2114	-78	-78	-79	-79	-78
3014	80	80	80	80	79
3014	-80	-80	-79	-80	-79

Dall'elaborazione si ottiene (per calcolare gli errori sulle costanti balistiche ho usato le stesse formule ricavate nel caso della costante balistica critica):

Resistenza (O)	Deviazione (mm)	Costante balistica (C*m/mm)	Percentuale di errore relativo
314	56,900 ± 1,027	(8,059 ± 0,413)*10 ⁻⁹	5,107%
514	65,300 ± 1,011	(7,023 ± 0,343)*10 ⁻⁹	4,881%
714	69,700 ± 1,012	(6,580 ± 0,315)*10 ⁻⁹	4,785%
914	72,600 ± 1,013	(6,317 ± 0,299)*10 ⁻⁹	4,727%
1314	75,500 ± 1,014	(6,074 ± 0,284)*10 ⁻⁹	4,674%
1714	77,200 ± 1,009	(5,940 ± 0,276)*10 ⁻⁹	4,645%
2114	78,400 ± 1,013	(5,849 ± 0,271)*10 ⁻⁹	4,625%
3014	79,700 ± 1,012	(5,754 ± 0,265)*10 ⁻⁹	4,605%

La curva di variazione della costante balistica è



Calcolo della capacità incognita

Le deviazioni d_x rilevate dopo la sostituzione del condensatore di capacità nota con quello di capacità incognita, alla tensione di 6 Volt sono:

Resistenza(O)	d(mm)	d(mm)	d(mm)	d(mm)	d(mm)
100	17	17	17	17	17
100	-17	-17	-17	-17	-17
8	44	45	44	44	44
8	-45	-45	-45	-45	-44
314	30	30	31	30	31
314	-31	-31	-31	-31	-31
514	35	35	35	35	34
514	-35	-35	-35	-35	-35
714	37	37	37	37	37
714	-37	-37	-37	-38	-38
914	39	38	39	39	39
914	-39	-39	-39	-39	-39
1314	40	40	41	40	41
1314	-41	-41	-40	-41	-40
1714	41	41	42	41	41
1714	-42	-41	-42	-42	-42
2114	42	42	42	42	42
2114	-42	-42	-42	-42	-42
3014	42	42	42	43	43
3014	-43	-43	-43	-43	-42

A partire da questi dati ho calcolato la capacità critica e per quanto riguarda l'errore da attribuire ai valori trovati ho considerato l'errore a priori

$$\Delta C_x = \left| \frac{\partial C_x}{\partial d_x} \right| \Delta d_x + \left| \frac{\partial C_x}{\partial d} \right| \Delta d = \left| \frac{C}{d} \right| \Delta d_x + \left| -\frac{C d_x}{d^2} \right| \Delta d$$

e l'errore statistico

$$s_{C_x} = \sqrt{\left(\frac{\partial C_x}{\partial d_x} \right)^2 s_{d_x} + \left(\frac{\partial C_x}{\partial d} \right)^2 s_d} = \sqrt{\left(\frac{C}{d} \right)^2 s_{d_x} + \left(\frac{C d_x}{d^2} \right)^2 s_d}$$

Ho, così, ottenuto i seguenti risultati:

Resistenza (O)	Deviazione (mm)	Capacità incognita (μF)	Percentuale di errore relativo
100	$17,000 \pm 1,000$	$0,109 \pm 0,010$	9,087%
8	$44,500 \pm 1,014$	$0,107 \pm 0,004$	3,450%
314	$30,700 \pm 1,012$	$0,108 \pm 0,006$	5,015%
514	$34,900 \pm 1,005$	$0,107 \pm 0,005$	4,397%
714	$37,200 \pm 1,009$	$0,107 \pm 0,005$	4,123%
914	$38,900 \pm 1,005$	$0,107 \pm 0,004$	3,948%
1314	$40,500 \pm 1,014$	$0,107 \pm 0,004$	3,793%
1714	$41,500 \pm 1,014$	$0,107 \pm 0,004$	3,705%
2114	$42,000 \pm 1,000$	$0,107 \pm 0,004$	3,656%
3014	$42,600 \pm 1,013$	$0,107 \pm 0,004$	3,602%

Usando questi valori calcolo la media pesata ed il relativo errore

$$\bar{C}_x = \frac{\sum_i W_i C_x^i}{\sum_i W_i} = 0,1072 \text{ mF}$$

$$s_{C_x} = \frac{1}{\sqrt{\sum_i W_i}} = 0,0105 \text{ mF}$$

Otengo quindi $\bar{C}_x = (0,1072 \pm 0,0105) \text{ mF}$ con un errore del 9,831%.

CONCLUSIONE

Prima di discutere i risultati ottenuti occorre premettere che durante l'esecuzione dell'esperienza si incontrano varie difficoltà che potrebbero essere causa di errori. Infatti, il galvanometro è uno strumento molto delicato e facilmente influenzabile da fattori esterni, tanto che anche una piccola vibrazione del tavolo può causare uno spostamento dell'indice luminoso. Ciò complica la taratura dello strumento, così, a volte, bisogna accontentarsi di una regolazione dello zero imprecisa. Un' ultima sorgente di errore è la velocità con cui si muove l'indice luminoso e la necessità di fidarsi solo della prontezza dei propri riflessi per leggere la sua deviazione. Passo, ora, all'esame della qualità delle misure effettuate.

Non conoscendo i valori reali delle costanti balistiche in tutti i casi analizzati né della capacità incognita non posso dire a priori se i dati trovati si avvicinano a quelli reali. Nella descrizione teorica, però, ho spiegato che dovrebbe essere $\frac{K_B^C}{K_B^\infty} = e = 2,718$ e questo può essere un utile parametro di giudizio. In effetti, dall'elaborazione dei dati risulta invece $\frac{K_B^C}{K_B^\infty} = 2,2906 \pm 0,2544$ che si differenzia del 15,734% dal valore reale. Probabilmente questo errore sarebbe stato ridotto se avessi ripetuto le misure per diversi valori di tensione, cosa che non ho fatto per mancanza di tempo. Le percentuali degli errori relativi sulle costanti balistiche misurate negli altri casi si aggirano tutte intorno al 5% e l'andamento di tali costanti rispetto alla resistenza totale corrisponde abbastanza bene a quello atteso (una proporzionalità inversa). Analizzando, invece, le percentuali di errori nei risultati riguardo il calcolo della capacità critica si nota che nella maggior parte dei casi l'errore è inferiore al 5% ma spicca un 9% di errore nella prima misura ed anche il valore stimato per la capacità critica risulta essere molto diverso in questo caso. Ciò che è più interessante è che osservando i risultati sia della prima parte dell'esperienza che della seconda si rileva che l'errore maggiore si presenta in condizioni di smorzamento critico e l'errore tende a diminuire all'aumentare della resistenza totale. In conclusione posso ritenermi soddisfatta dei risultati ottenuti.

BIBLIOGRAFIA

- M. Lattuada, Appunti del corso di "Laboratorio di fisica II", A. A. 2002/2003;
- G. Cortini - S. Sciuti, Misure ed apparecchi di fisica (elettricità), ed. Vischi;
- R. Ricamo, Guida alle sperimentazioni di fisica vol. II, casa editrice Ambrosiana.

Indice

<i>INTRODUZIONE TEORICA E DESCRITTIVA</i>	<i>1</i>
Scopo dell'esperienza	1
Descrizione del galvanometro balistico	1
Descrizione del circuito utilizzato	5
Descrizione pratica dell'esperienza	6
<i>DATI SPERIMENTALI E LA LORO ELABORAZIONE</i>	<i>7</i>
Calcolo della costante balistica critica	7
Calcolo della costante balistica a smorzamento quasi nullo	8
Verifica della variazione della costante balistica al variare della resistenza	9
Calcolo della capacità incognita	11
<i>CONCLUSIONE</i>	<i>12</i>
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	<i>13</i>