

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA**

**Dipartimento di Scienze MM FF NN**

**Corso di Laurea di primo livello in Fisica**

# **Realizzazione e taratura di un ohmetro**

**Laboratorio di Fisica II**

**Anno Accademico 2005/2006**

**Corsaro Enrico Maria Nicola**

**Matricola N° 665/000327**

## ***1 – INTRODUZIONE***

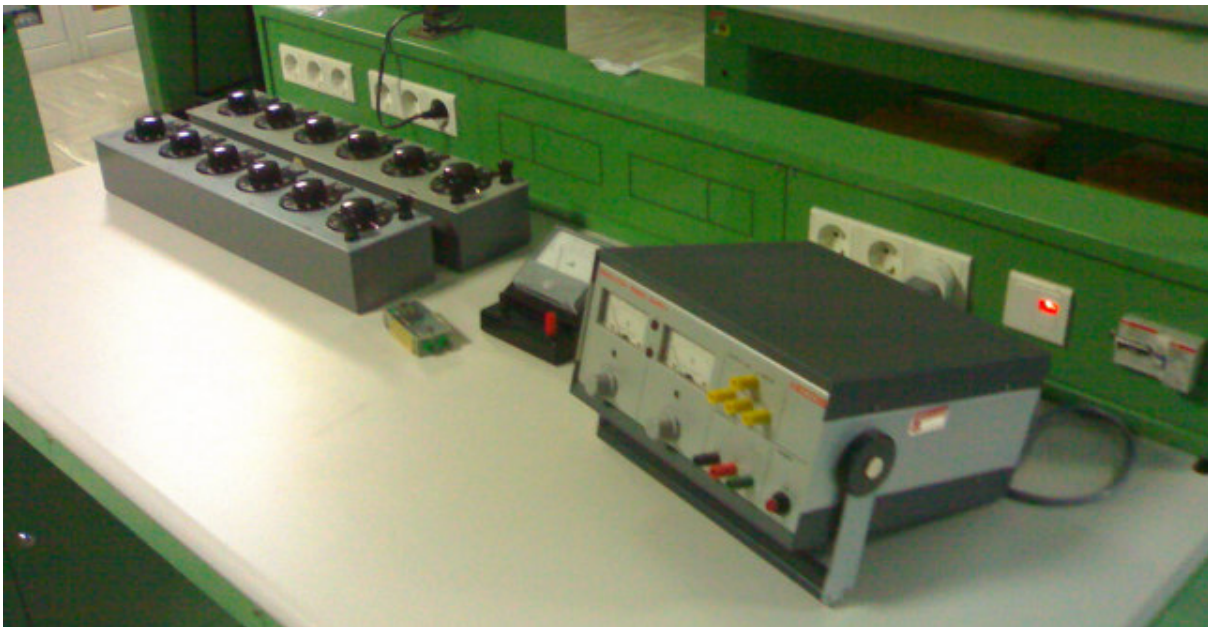
L'esperienza di cui trattiamo in questo breve testo, come ci suggerisce lo stesso nome, rappresenta la realizzazione di un particolare circuito che costituisce un sistema per la misura di resistenze incognite, detto ohmetro, il quale, in sede di esperienza, viene opportunamente tarato. Tale ohmetro è di facile uso e ci permette di ottenere un risultato immediato (direttamente in ohm) della resistenza da misurare.

## ***2 – ESPERIMENTO***

Passiamo adesso ad analizzare più da vicino le caratteristiche principali di questo esperimento.

### ***2.1 – DESCRIZIONE***

L'apparato presente in laboratorio consta di poche componenti, di cui, come mostra la figura sottostante, partendo da sinistra, due resistenze a cassetta, una resistenza di carico di valore noto, un microamperometro ed un generatore di tensione continua.



Esso rappresenta uno dei modi con cui può essere realizzato un ohmetro. Il montaggio del circuito è relativamente semplice e verrà esplicito più avanti.

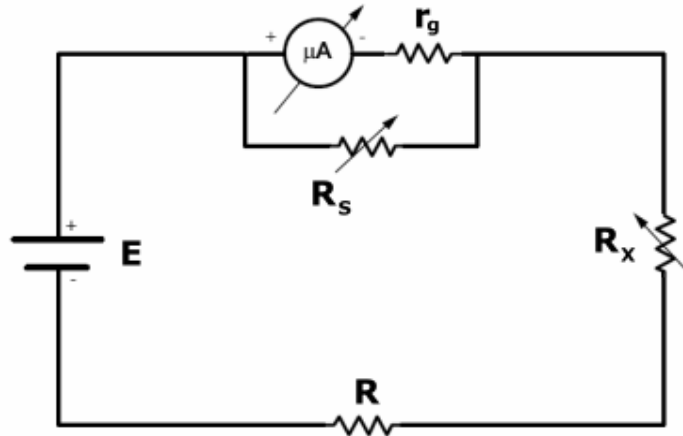
### ***2.2 – SCOPO***

Lo scopo principale dell'esperimento, oltre che la realizzazione del circuito e quindi dell'ohmetro, è l'effettuazione della sua taratura. Questa viene realizzata, nel nostro caso, ponendo come resistenza incognita  $R_X$  una resistenza a cassetta con valori variabili e noti e rilevando i corrispondenti valori della corrente  $i_g$ . Si esegue di seguito il grafico  $i_g, R_X$  che rappresenta la curva di taratura dell'ohmetro ed un Best-fit che ci permette di visualizzare graficamente il grado di attendibilità delle misurazioni effettuate in sede di esperienza.

### 2.3 - SVOLGIMENTO

L'esecuzione dell'esperimento è piuttosto semplice.

- Si inizia con il montaggio del circuito mostrato nella figura seguente, per la realizzazione dell'ohmetro.



Si tenga presente che  $R_S$  ed  $R_X$  sono le resistenze a cassetta,  $r_g$  è la resistenza interna del microamperometro (che dal circuito risulta essere in parallelo ad  $R_S$ ),  $E$  è il generatore di tensione continua, ed  $R$  è la resistenza di carico di valore noto.

- Si pone inizialmente  $R_X = 0 \Omega$  e si fissa un valore della tensione fornita dal generatore (ad esempio 5 V).
- Si varia di seguito  $R_S$  in modo tale da portare la corrente  $i_g$  segnata nel microamperometro al valore di fondo scala ( $i_g = i_{f.s.} = 100 \mu A$ ).
- Fatto ciò si procede con l'inserire valori noti di  $R_X$ , rilevando i corrispondenti valori della corrente  $i_g$  che circola nel microamperometro.
- Una volta preso un buon numero (circa una decina) delle coppie di valori  $R_X$  ed  $i_g$  si procede a realizzare il grafico della taratura dell'ohmetro e di seguito il Best-fit.
- Si può eventualmente variare il valore iniziale della tensione  $E$  fornita dal generatore (rilevando il nuovo valore di  $R_S$  per cui  $i_g = i_{f.s.}$ ) ed eseguire nuovamente le misurazioni delle coppie di grandezze  $R_X$  ed  $i_g$ , come è stato fatto in questo caso.

### 3 – TEORIA

Partendo dall'esame teorico del circuito prima visto, si può ricavare, mediante passaggi algebrici, che la relazione di nostro interesse per la realizzazione della taratura, la quale sussiste tra la resistenza incognita  $R_X$  (nel nostro caso rappresentata da una resistenza a cassetta) e la corrente che passa nel microamperometro  $i_g$ , è data dalla legge (3.1)

$$R_X = R \left( \frac{i_{f.s.}}{i_g} - 1 \right) \quad (3.1)$$

dove  $R_X$  è la resistenza incognita,  $i_g$  è per l'appunto la corrente che passa nel microamperometro,  $i_{f.s.}$  è la corrente  $i_g$  al valore di fondo scala, quando  $R_X = 0 \Omega$ , e  $R$  è la resistenza di carico di valore noto. Tale legge (3.1) è rappresentata da un'iperbole equilatera avente per asintoti  $i_g = 0$  e  $R_X = -R$ .

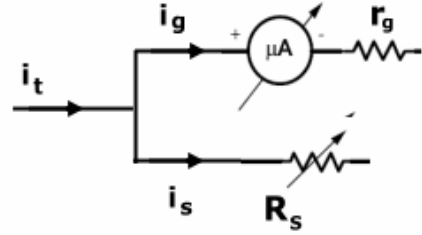
Vediamo di impostare il problema per ricavare la relazione (3.1) e per farlo partiamo dal calcolo della resistenza totale  $R_t$  del circuito quando  $R_X = 0 \Omega$ , data dalla (3.2)

$$R_t = R + \frac{r_g R_S}{r_g + R_S} \cong R \quad (3.2)$$

la quale, considerando che  $R \gg r_g$ , è per l'appunto approssimabile ad  $R$  stessa.

A questo punto la d.d.p applicata ai capi delle due resistenze  $r_g$  ed  $R_S$  poste in parallelo, sarà

$$V = R_S i_S = R_S (i_t - i_g) \quad (3.3)$$



dove chiaramente dalla I legge di Kirchhoff si ha che  $i_S = i_t - i_g$  (essendo  $i_t$  la corrente totale che circola nel circuito) come mostra la figura soprastante.

Veniamo adesso a considerare più in dettaglio il caso iniziale, ovvero quando  $R_X = 0 \Omega$ . In questa condizione, regoliamo la resistenza  $R_S$  in modo tale che la corrente  $i_g$  che circola nel microamperometro segni il valore di fondo scala  $i_{f.s.}$ ; questo valore della resistenza  $R_S$  prende il nome di **resistenza di azzeramento**. Considerando che in questo caso  $i_g = i_{f.s.}$ , la d.d.p. ai capi delle due resistenze  $r_g$  ed  $R_S$  è espressa dalla (3.4).

$$V_1 = R_S (i_{t_1} - i_{f.s.}) \quad (3.4)$$

Procedendo in modo analogo per il secondo caso, tenendo presente che la corrente che circola nel microamperometro diminuisce poiché aumenta la resistenza totale del circuito, essendo adesso  $R_X$  non nulla, otteniamo la d.d.p. ai capi delle due resistenze  $r_g$  ed  $R_S$  espressa dalla (3.5)

$$V_2 = R_S (i_{t_2} - i_g) \quad (3.5)$$

I valori della corrente totale che passa nel circuito sono dati rispettivamente da

$$i_{t_1} = \frac{E}{R} \quad i_{t_2} = \frac{E}{R + R_X}$$

questo perché chiaramente, nel primo caso  $R_X = 0 \Omega$ , mentre nel secondo  $R_X$  è non nulla e quindi il suo valore va inserito in serie ad  $R$ .

A questo punto, come mostra la (3.6) a seguire, basta porre a sistema le due equazioni che ci forniscono la corrente che circola nel microamperometro nei due casi.

$$\begin{cases} \frac{V_1}{r_g} = i_{f.s.} = \frac{R_S}{r_g} \left( \frac{E}{R} - i_{f.s.} \right) \\ \frac{V_2}{r_g} = i_g = \frac{R_S}{r_g} \left( \frac{E}{R + R_X} - i_g \right) \end{cases} \quad (3.6)$$

Procedendo con semplici calcoli algebrici, otteniamo infine la legge (3.1) che ci fornisce  $R_X$  in funzione della corrente  $i_g$ . Ai fini della successiva linearizzazione per il Best-fit ci avvaliamo della stessa legge risolta però rispetto ad  $i_g$ , data dalla (3.7)

$$i_g = \frac{R i_{f.s.}}{R + R_X} \quad (3.7)$$

#### 4 – STRUMENTI

Elenchiamo qui di seguito gli strumenti utilizzati in laboratorio per acquisire i dati, con relative caratteristiche principali utili ai fini dell'analisi sperimentale.

- Microamperometro

<b>Portata (f.s.)</b>	100 $\mu$ A
<b>Soglia</b>	0 $\mu$ A
<b>Classe di precisione (c.p.)</b>	1,5

- Voltmetro del generatore

<b>Portata (f.s.)</b>	25 V
<b>Soglia</b>	0 V
<b>Classe di precisione (c.p.)</b>	1,5

#### 5 – ERRORI

Facciamo una rapida trattazione degli errori di cui sono affette le misure delle grandezze fisiche coinvolte nell'esperimento.

Per quanto riguarda le misure effettuate tramite gli strumenti sopra elencati ci avvaliamo della c.p. per il calcolo dell'errore assoluto massimo dei due strumenti. Dalla sua definizione otteniamo i due errori che si commettono sulle misure.

$$c.p. = \frac{\varepsilon_y}{f.s.} 100$$

Nella Tabella 1 di seguito riportata, abbiamo gli errori commessi su tutte le grandezze fisiche coinvolte nell'esperimento. Si tenga presente inoltre che gli errori commessi sono tutti errori casuali di tipo assoluto massimo, considerando che non rientrano nel nostro caso errori di tipo statistico, originati invece da fluttuazioni. Gli errori valutati sulle resistenze a cassetta, sono dati dalla sensibilità di misura, presa come  $\frac{1}{2}$  divisione della cifra più piccola variabile. L'errore sulla resistenza di carico, infine, è dato da una tolleranza del 10 %.

**Tabella 1**

$\mathcal{E}_{\mu A}$	1,5 $\mu A$
$\mathcal{E}_V$	0,38 V
$\mathcal{E}_{R_S}$	0,05 $\Omega$
$\mathcal{E}_{R_X}$	0,5 $\Omega$
$\mathcal{E}_R$	220 $\Omega$

## **6 – ORGANIZZAZIONE**

Per poter realizzare al meglio l'esperienza, è essenziale rilevare un certo numero delle coppie di valori  $R_X$  ed  $i_g$  (non meno di 5). Tali coppie di valori sono utili ai fini della realizzazione della curva di taratura dell'ohmetro, secondo l'equazione (3.7), trovata analiticamente, e del Best-fit, atto a permetterci di visualizzare graficamente eventuali anomalie dell'apparato e/o del metodo esecutivo e ad evidenziare le differenze, seppur minime, tra le due serie di dati.

Si consiglia comunque di rilevare valori della corrente  $i_g$  che siano multipli di 4, considerando che il microamperometro a disposizione (figura a lato) presenta una scala graduata con tacche ogni 4  $\mu A$ , in modo tale da facilitare la lettura dei valori stessi. Nel nostro caso, per trovare un compromesso tra numero di misure e facilità di lettura, si è scelto di eseguire rilevamenti ogni 8  $\mu A$ .

Altro aspetto, ma non meno importante, è il corretto rilevamento degli errori commessi sulle misure e delle caratteristiche degli strumenti adoperati (nel nostro caso un microamperometro ed il voltmetro del generatore).



## 7 – DATI

In fase di esecuzione dell'esperimento si è deciso di realizzare due differenti serie di misure, in modo tale da poter fare un confronto fra di esse e vedere se effettivamente le due curve di taratura risultassero pressoché simili e se i due Best-fit dessero risultati compatibili. Elenchiamo per ogni serie di misura i valori caratteristici delle grandezze fisiche coinvolte e le coppie di valori  $R_X$ ,  $i_g$ , con relativi errori, con le quali effettueremo i due Best-fit ed i grafici della taratura.

- I Serie

**Tabella 2**

<b>Resistenza di carico R</b>	$2200 \pm 220 \Omega$
<b>Resistenza di azzeramento <math>R_s</math></b>	$53,1 \pm 0,05 \Omega$
<b>Tensione fornita dal generatore E</b>	$5,00 \pm 0,38 V$

**Tabella 3**

<b><math>R_X</math></b>	<b><math>i_g</math></b>
$280 \pm 0,5 \Omega$	$88 \pm 1,5 \mu A$
$507 \pm 0,5 \Omega$	$80 \pm 1,5 \mu A$
$827 \pm 0,5 \Omega$	$72 \pm 1,5 \mu A$
$1205 \pm 0,5 \Omega$	$64 \pm 1,5 \mu A$
$1735 \pm 0,5 \Omega$	$56 \pm 1,5 \mu A$
$2410 \pm 0,5 \Omega$	$48 \pm 1,5 \mu A$
$3317 \pm 0,5 \Omega$	$40 \pm 1,5 \mu A$
$4712 \pm 0,5 \Omega$	$32 \pm 1,5 \mu A$
$6911 \pm 0,5 \Omega$	$24 \pm 1,5 \mu A$
$11126 \pm 0,5 \Omega$	$16 \pm 1,5 \mu A$
$24125 \pm 0,5 \Omega$	$8 \pm 1,5 \mu A$

- II Serie

**Tabella 4**

<b>Resistenza di carico R</b>	$2200 \pm 220 \Omega$
<b>Resistenza di azzeramento <math>R_s</math></b>	$24,1 \pm 0,05 \Omega$
<b>Tensione fornita dal generatore E</b>	$10,00 \pm 0,38 V$

**Tabella 5**

<b><math>R_X</math></b>	<b><math>i_g</math></b>
$290 \pm 0,5 \Omega$	$88 \pm 1,5 \mu A$
$516 \pm 0,5 \Omega$	$80 \pm 1,5 \mu A$
$832 \pm 0,5 \Omega$	$72 \pm 1,5 \mu A$
$1220 \pm 0,5 \Omega$	$64 \pm 1,5 \mu A$
$1737 \pm 0,5 \Omega$	$56 \pm 1,5 \mu A$
$2378 \pm 0,5 \Omega$	$48 \pm 1,5 \mu A$
$3303 \pm 0,5 \Omega$	$40 \pm 1,5 \mu A$
$4653 \pm 0,5 \Omega$	$32 \pm 1,5 \mu A$
$6864 \pm 0,5 \Omega$	$24 \pm 1,5 \mu A$
$11200 \pm 0,5 \Omega$	$16 \pm 1,5 \mu A$
$24170 \pm 0,5 \Omega$	$8 \pm 1,5 \mu A$

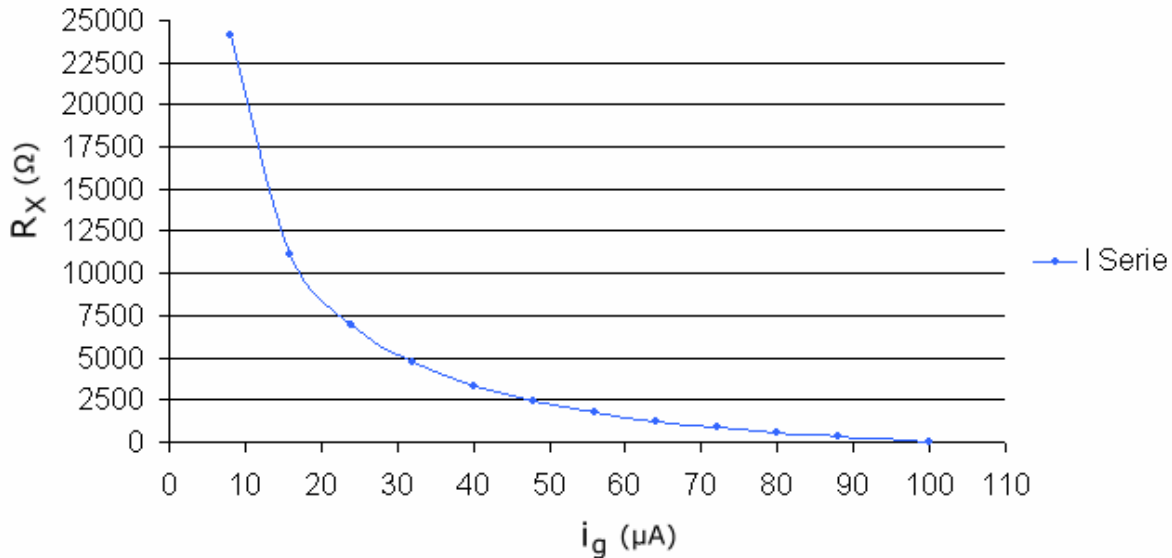
## 8 – RISULTATI

Passiamo adesso alla fase di calcolo vera e propria, nella quale sono stati realizzati i grafici che ci forniscono la taratura dell'ohmetro realizzato in laboratorio ed i due Best-fit lineari.

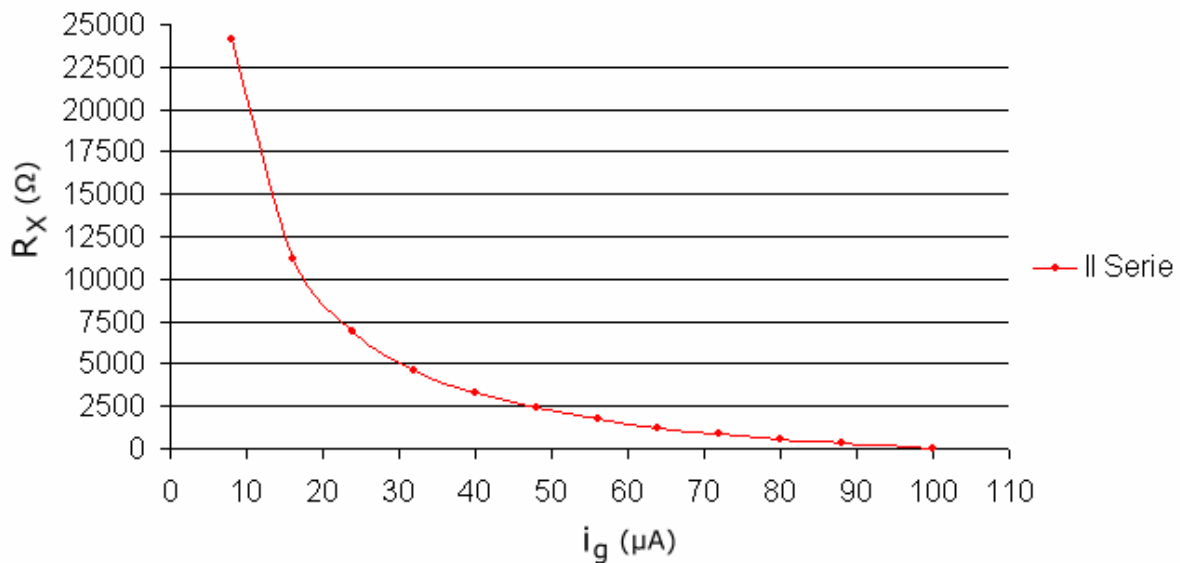
### 8.1 - CURVE di taratura dell'ohmetro

Iniziamo dapprima con le curve di taratura dell'ohmetro. I grafici di seguito riportati, che rappresentano la funzione  $R_X = f(i_g)$  data dalla legge (3.1), ci mostrano come le due curve siano molto simili, fatto già visibile comunque dai valori dei dati sperimentali. Si può inoltre notare come, in corrispondenza della metà del valore di fondo scala della corrente  $i_g$ , cioè per  $i_g = i_{f.s.}/2 = 50 \mu A$  troviamo all'incirca il valore della resistenza di carico  $R$ , pari a  $2200 \pm 220 \Omega$  a verifica della corretta corrispondenza con la legge (3.1). Difatti, sostituendo nella (3.1) ad  $R_X$  il valore di tale resistenza di carico  $R$ , otteniamo proprio che  $i_g = i_{f.s.}/2$ .

Curva di taratura I Serie



Curva di taratura II Serie



Per la realizzazione di tali curve, oltre ad i valori delle Serie I e II riportati nelle Tabelle 3 e 5, è stata aggiunta la coppia di valori  $i_g = 100 \mu\text{A}$  e  $R_X = 0 \Omega$ , rilevati nella prima fase dell'esperimento.

Una volta costruita una curva di taratura, come quelle viste, è possibile, per interpolazione, ricavare valori non noti della resistenza  $R_X$  semplicemente fissando un certo valore della corrente  $i_g$ . Ciò rappresenta quindi un metodo alternativo, più intuitivo, alla relazione analitica (3.1) per il calcolo della resistenza incognita.

## 8.2 – Calcoli preliminari per il BEST-FIT

Per quanto riguarda il Best-fit dobbiamo vedere come ottenere l'equazione di una retta dalla relazione (3.7). Consideriamo quindi come variabile dipendente la corrente  $i_g$ . Il passaggio è immediato ed è mostrato dalla (8.2.1) qui di seguito

$$i_g = \frac{R i_{f.s.}}{R_X + R} \rightarrow y = ax \quad (8.2.1)$$

dove  $y = i_g$ ,  $a = R i_{f.s.}$  ed  $x = 1/(R_X + R)$ .

A questo punto, per poter eseguire i calcoli che ci consentono di ottenere il coefficiente angolare  $a$  dobbiamo trasformare le due serie di misure della resistenza  $R_X$  nella nuova grandezza  $x$ , cioè  $R_X \rightarrow x$ , in modo tale da ottenere una nuova tabella di valori del tipo  $x, y$ . Si noti però che bisogna trasformare anche l'errore, cosa che realizziamo adoperando la formula generale (8.2.2)

$$\varepsilon_y = \left| \frac{\partial y}{\partial u} \right| \varepsilon_u + \left| \frac{\partial y}{\partial v} \right| \varepsilon_v + \left| \frac{\partial y}{\partial w} \right| \varepsilon_w + \dots \quad (8.2.2)$$

che nel nostro caso diviene, essendo  $x = 1/(R_X + R)$

$$\varepsilon_x = \left| \frac{\partial x}{\partial R_X} \right| \varepsilon_{R_X} + \left| \frac{\partial x}{\partial R} \right| \varepsilon_R = \frac{\varepsilon_{R_X}}{(R_X + R)^2} + \frac{\varepsilon_R}{(R_X + R)^2} \quad (8.2.3)$$

mentre la grandezza  $y$  rimane invariata, anche nell'errore, poiché coincide con  $i_g$ .

Nella Tabella 6, a seguire, sono riportati i valori delle "nuove" grandezze  $x$  e  $y$ , senza tenere conto per ora delle cifre decimali da considerare né delle unità di misura, ma solo ai fini di avere i valori numerici utili per il calcolo del coefficiente angolare  $a$  del Best-fit. Bisogna notare però che adesso, dalla legge (8.2.3) per il calcolo dell'errore sulla grandezza  $x$ , esso varierà per ogni valore.

Prima di poter eseguire i calcoli veri e propri, è importante capire se effettivamente la grandezza  $y$  che abbiamo scelto possa ritenersi come dipendente (da riportare in ordinate nel grafico del Best-fit). Ciò si può vedere da una semplice analisi dei due errori relativi, per cui risulta che:

$$\frac{\varepsilon_x}{x} \ll \frac{\varepsilon_y}{y}$$

E' chiaro dunque che la variabile indipendente è la variabile  $x$  e di seguito la variabile dipendente la  $y$ , così come sono già state scelte secondo la (8.2.1). Eseguiamo quanto detto fin'ora per entrambe le serie di dati.

**Tabella 6**

I Serie		II Serie	
<b>x</b>	<b>y</b>	<b>x</b>	<b>y</b>
0,000403	88	0,000402	88
0,000369	80	0,000368	80
0,000330	72	0,000330	72
0,000294	64	0,000292	64
0,000254	56	0,000254	56
0,000217	48	0,000218	48
0,000181	40	0,000182	40
0,000145	32	0,000146	32
0,000110	24	0,000110	24
0,000075	16	0,000075	16
0,000038	8	0,000038	8

**8.3 – BEST-FIT lineare (non pesato)**

Dopo questa prima fase di calcoli per poter adattare i dati a disposizione alla realizzazione del Best-fit lineare, possiamo procedere al calcolo vero e proprio del coefficiente angolare **a** e di seguito dell'errore  $\sigma_a$  commesso su di esso. Poiché l'equazione della retta è priva di termine noto, e l'errore su y è uguale per tutti i valori  $y_i$ , il coefficiente angolare **a** e l'errore  $\sigma_a$  su di esso possono essere calcolati secondo le (8.3.1), riportate qui di seguito (trattasi dunque di Best-fit lineare non pesato).

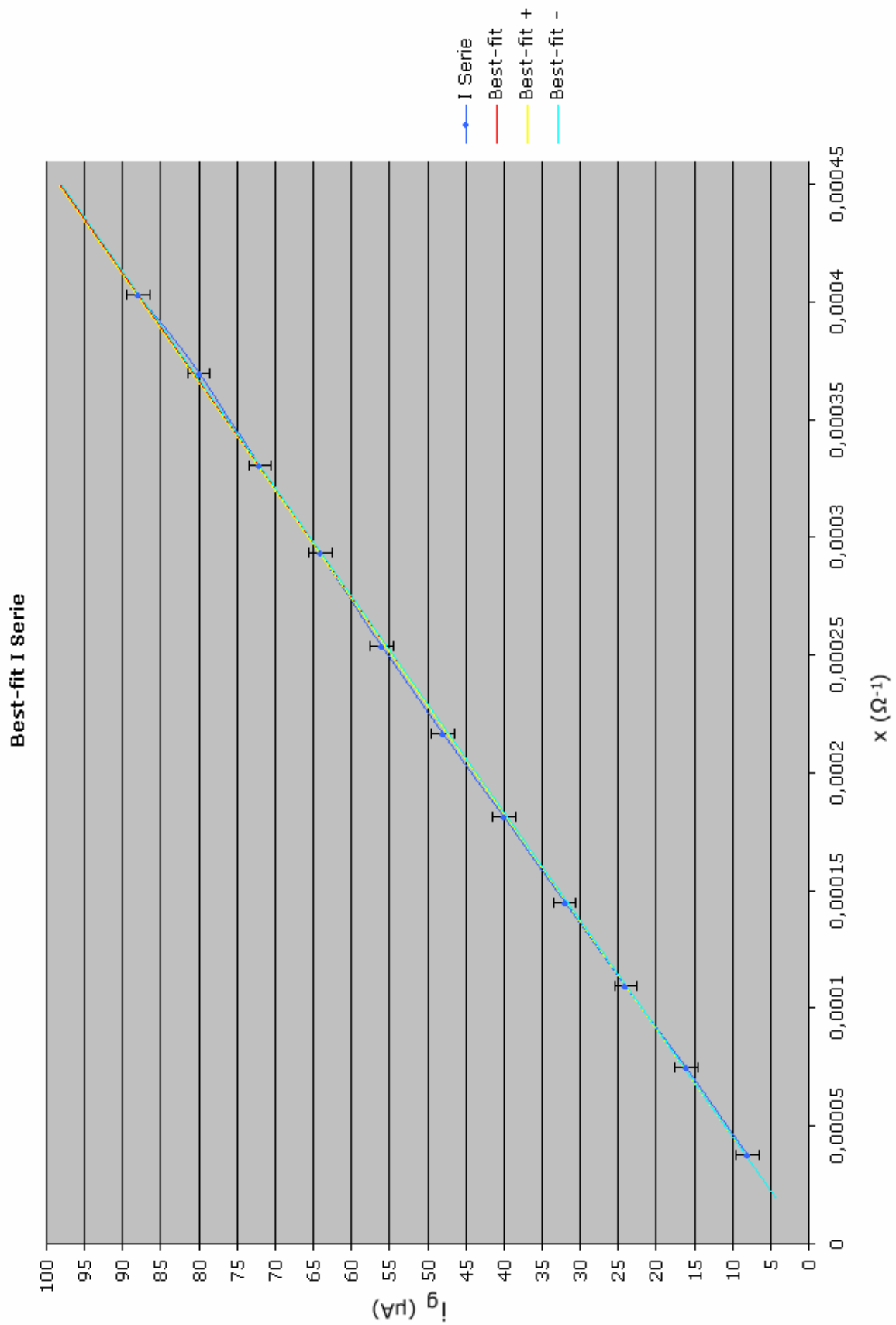
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \sigma_a = \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2}} \quad (8.3.1)$$

dove

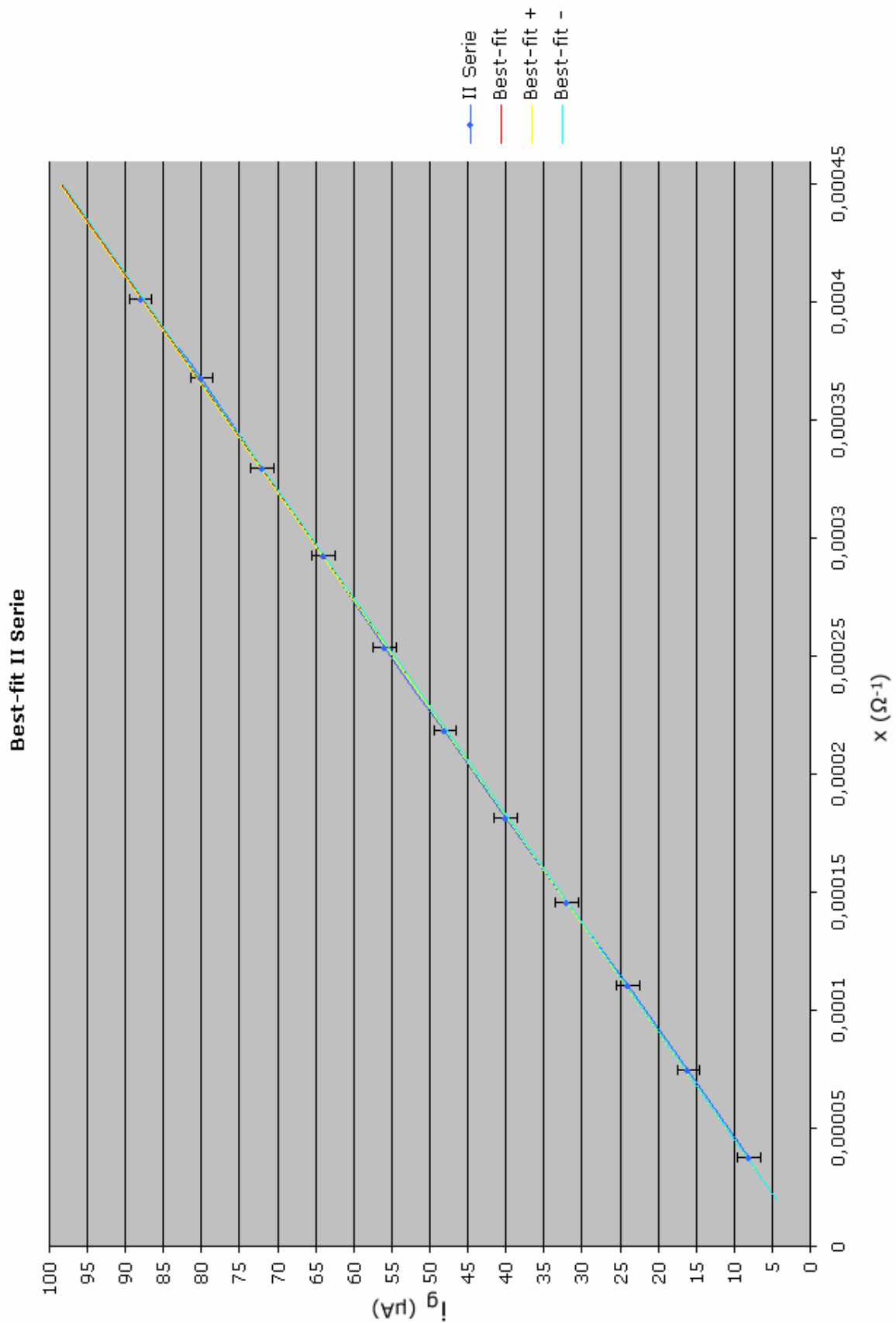
$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - ax_i)^2}{n-1} \quad (8.3.2)$$

Si consideri che nel nostro caso **n = 11**. Il valore effettivo di **a** sarà dunque espresso secondo la (8.3.3). Di seguito sono riportati i grafici dei due Best-fit.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2}} \quad (8.3.3)$$



**Grafico del Best-fit lineare (non pesato) della I Serie di dati**



**Grafico del Best-fit lineare (non pesato) della II Serie di dati**

Sfruttando dunque i valori presenti in Tabella 6 e le relazioni (8.3.1) e (8.3.2) sono stati ottenuti i due valori dei coefficienti angolari, riportati in Tabella 7, con relativi errori.

**Tabella 7**

I Serie		II Serie	
<b>a<sub>1</sub></b>	<b>σ<sub>a<sub>1</sub></sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>σ<sub>a<sub>2</sub></sub></b>
218,38 mV	0,50 mV	218,73 mV	0,36 mV

I due valori così ottenuti dei coefficienti angolari, dal calcolo del Best-fit, sono perfettamente compatibili con il valore previsto di **a = R<sub>i.f.s.</sub> = 220,0 ± 25,3 mV**, calcolato sulla base del fatto che R = 2200 ± 220 Ω ed i<sub>f.s.</sub> = 100 ± 1,5 μA (valori già noti perché rilevati in laboratorio).

Facendo una media pesata dei due coefficienti angolari **a<sub>1</sub>** ed **a<sub>2</sub>** data dalla (8.3.4) e calcolando l'errore con la legge di propagazione (8.3.5), otteniamo il valore di **a** più attendibile, secondo la (8.3.6), sfruttando i valori dei pesi, dati come l'inverso del quadrato degli errori e riportati nella Tabella 8.

**Tabella 8**

<b>w<sub>1</sub></b>	4,00
<b>w<sub>2</sub></b>	7,70

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i a_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (8.3.4)$$

$$\sigma_{\bar{a}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{a}}{\partial a_1}\right)^2 \sigma_{a_1}^2 + \left(\frac{\partial \bar{a}}{\partial a_2}\right)^2 \sigma_{a_2}^2} \quad (8.3.5)$$

$$\bar{a} = 218,61 \pm 0,29 \text{ mV} \quad (8.3.6)$$

## 9 – CONFRONTO CON LA TEORIA

Da quanto ottenuto, possiamo affermare sostanzialmente, che le due curve di taratura realizzate dalle due serie di dati a disposizione, si approssimano molto alla curva di taratura teorica dello strumento. Questo è più che altro visibile dai grafici dei due Best-fit i quali mostrano come i dati rilevati in sede di esperienza si avvicinino considerevolmente alla retta del Best-fit.

### 9.1 – COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE di Bravais-Pearson

Per renderci meglio conto di quanto visto, calcoliamo il coefficiente di correlazione lineare di Bravais-Pearson tra le due grandezze  $x$  e  $y$  utilizzate per il Best-fit. Tale coefficiente,  $r$ , è un numero reale appartenente all'intervallo  $[-1,1]$ . Nel caso in cui il suo valore si avvicini allo zero, la correlazione lineare è praticamente inesistente; se invece il suo valore si avvicina agli estremi dell'intervallo, allora la correlazione è tanto più buona quanto più vicino all'unità è il valore del coefficiente  $|r|$ . Sfruttando la formula (9.1.1) otteniamo i due valori di  $r$ , riportati in Tabella 9.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)(y_i - y_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 (y_i - y_m)^2}} \quad (9.1.1)$$

Tabella 9

I Serie	II Serie
$r_1$	$r_2$
0,99988	0,99994

E' chiaro che in tal caso, la correlazione lineare è davvero ottima in entrambe le serie di dati, come già comunque ci sia aspettava perché chiaramente visibile dai due grafici del Best-fit.

## 10 - ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

Avendo dunque riportato in grafico le due curve di taratura, possiamo affermare di essere riusciti nell'intento di effettuare la taratura dell'ohmetro, il quale è stato già opportunamente realizzato in sede di esperienza in laboratorio. Dal confronto visivo e numerico delle due serie di dati, è chiaramente osservabile come la curva di taratura si mantenga pressoché invariata al cambiamento dei parametri di tensione  $E$  fornita dal generatore e di resistenza di azzeramento  $R_s$ , la quale è stata opportunamente regolata, come già detto, per far sì che la corrente  $i_g$  segnasse il valore di fondo scala del microamperometro.

A conferma della corretta verifica della legge (3.1), oltre a quanto già detto, intervengono i risultati ottenuti dal Best-fit, i cui coefficienti angolari hanno un intervallo di valore di intersezione non nulla con l'intervallo del valore del coefficiente angolare calcolato con i dati già noti della resistenza di carico  $R$  e della corrente a fondo scala  $i_{f.s.}$  e di seguito i risultati dello stesso coefficiente di correlazione lineare di Bravais-Pearson.

## 11 - COME RIFARE L'ESPERIMENTO

Per possibili future prove sperimentali risulterebbe interessante effettuare ad esempio un calcolo analitico diretto di una resistenza di valore non noto  $R_x$  confrontandola di seguito con una misura rilevata in sede sperimentale mediante un tester, oppure ancora, determinare il suo valore dopo aver costruito un'accurata curva di taratura dell'ohmetro in uso (valendosi di un buon numero di punti

sperimentali, superiore a 20), in modo tale da poter leggere graficamente il valore con più facilità ed effettuare di seguito un confronto diretto con il valore ottenuto dal tester.

Una seconda alternativa potrebbe essere quella di effettuare più serie di misure (non meno di 5) delle grandezze  $R_X$  ed  $i_g$  in modo tale da ottenere più grafici della curva di taratura ed eseguire un confronto più ampio e approfondito, avendo così la possibilità di rilevare eventuali imperfezioni o deterioramenti, dovuti al tempo o all'usura o all'uso non corretto, dell'apparato utilizzato. In aggiunta si potrebbero eseguire differenti Best-fit ed ottenere un risultato finale, di grande attendibilità, del coefficiente angolare  $a$  come media pesata di quelli ottenuti dai vari Best-fit in modo analogo a come è stato fatto nel paragrafo 8.3.

## ***12 – CONCLUSIONI***

Possiamo dunque affermare da quanto è stato calcolato e realizzato che lo stato dell'apparato utilizzato in laboratorio risulti in ottime condizioni e che di seguito è stato raggiunto lo scopo proposto dall'esperimento. Il risultato del calcolo del Best-fit è andato a buon fine, permettendo di trovare un valore del coefficiente angolare altamente attendibile e, a conferma di ciò, come già espresso nel paragrafo 10, ha dato un ottimo risultato anche il test di correlazione lineare di Bravais-Pearson.

L'esperienza è stata in ogni caso molto interessante ed efficace poiché, oltre ad essere di semplice e rapida attuazione, ha permesso di trovare un riscontro diretto e valido con quanto affermato dalla teoria.

Data dell'esperienza:  
15/09/2006

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Testi:**

A. Foti, C. Gianino – *Elementi di analisi dei dati sperimentali*, Liguori Editore, Napoli, 1999.  
P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci – *Fisica Volume II*, EdiSeS, Napoli, 2005  
Cifr. Corso di Laboratorio di Fisica II – Prof. N. Arena

### **Software:**

- *Microsoft Word* per la stesura della tesina.
- *Microsoft Excel* per la realizzazione dei grafici.
- *Ulead PhotoImpact 6.0* per il ritocco dei grafici.