

Misura del rapporto h/k tramite la legge di Planck del corpo nero

Abram Carola Centonza Niccolò Gianelli Francesca Elisabetta Perioli Francesco

6 Dicembre 2022

1 Introduzione e presa dati

La misura del rapporto h/k e del relativo errore è stata effettuata tramite un fit della relazione che lega la tensione di uscita del fotodiodo con la temperatura del filamento della lampadina:

$$\log\left(\frac{Vfd_i}{Vfd_j}\right) = \frac{hv}{k} \left(\frac{1}{T_j} - \frac{1}{T_i}\right) \quad (1)$$

1.1 Prima Parte

Una lampadina ad incandescenza (con filamento a temperatura T) è una buona approssimazione di corpo nero. Si collega la scatola dove è contenuta la lampadina ad incandescenza al generatore di tensione e in serie all'amperometro. Conseguentemente si collegano l'amperometro e il generatore al computer, in modo tale da poter automatizzare il processo di presa dati tramite il programma `test.py` (opportunamente modificato e in modo tale che il cambio di tensione avvenga ad intervalli regolari). La tensione d'ingresso può variare da 0V fino al massimo a 30V, per evitare di bruciare la lampadina.

1.2 Seconda Parte

La seconda parte prevede l'aggiunta del collegamento della parte contenente il fotodiodo all'alimentatore e la lettura della tensione d'uscita (mantenendo inalterato il setup della prima parte). La tensione d'uscita è proporzionale all'intensità di luce rilevata. Si collega il secondo multimetro al computer per poter lavorare direttamente con il programma `test.py` (nuovamente modificato). Variando nuovamente la tensione del generatore, si misura nuovamente la corrente ma anche la tensione d'uscita del fotodiodo (la quale diventa significativa dopo il passaggio ai 25V della tensione d'ingresso).

2 Analisi Dati

I dati raccolti per la prima parte sono la tensione d'ingresso, la corrente e l'errore sulla corrente. Si genera un fit che segue la legge riportata successivamente ponendo sull'asse delle ascisse la tensione divisa la corrente e sull'asse delle ordinate la tensione moltiplicata per la corrente.

$$P = VI = \alpha R^{4\gamma} \quad (2)$$

Il fit ottenuto è coerente con la formula utilizzata e il χ^2 ha un valore minore di 1 (probabilmente per una sovrastima degli errori). Il valore di $\gamma = 0.898 \pm 0.004$ è coerente con la teoria. Si ricerca il valore di γ che permette di definire

$$T = T_{amb}((V/I)/R_{amb})^\gamma = f(V/I) \quad (3)$$

Questa formula viene utilizzata nella seconda parte, dove nuovamente si ricavano i valori di tensione e corrente, i quali permettono di determinare la temperatura e in aggiunta si ottengono anche i valori della tensione del fotodiodo (la quale è proporzionale all'intensità di luce emessa dalla lampadina). Utilizzando la formula seguente e facendo un fit (con I in funzione di T), si ottiene il valore del rapporto h/k .

$$I(v, T) = \left[\exp\left(\frac{hv}{kT}\right) \right]^{-1} \quad (4)$$

Il fit ottenuto è coerente con la formula utilizzata e il χ^2 ha un valore molto piccolo (probabilmente anche in questo caso per una sovrastima degli errori). Il valore del rapporto ottenuto si discosta leggermente dal valore teorico $\frac{h}{k} = 4.71 \cdot 10^{-11} \frac{s}{K}$

3 Risultati

I risultato $\frac{h}{k}$ risulta essere pari a:

$$\frac{h}{k} = (3.84 \cdot 10^{-11} \pm 8.43 \cdot 10^{-12}) s/K \quad (5)$$

4 Analisi esperimento di Millikan

Partendo dal file di dati millikan.dat si sono inseriti i valori di carica misurati all'interno di un istogramma 1D utilizzando la classe TH1D di ROOT. Per ricavare il valore della carica elementare si è inizialmente proceduto ricavando i valori di carica corrispondenti ai picchi dell'istogramma tramite un processo di fit: essendo la carica elettrica quantizzata, le cariche sopra citate risultano essere multipli interi della carica elementare. Per fare ciò si è utilizzata una distribuzione multigaussiana in cui, per ciascuna gaussiana, i valori medi corrispondono a multipli del valore di carica cercato. Il fit è stato realizzato sui primi tre picchi dell'istogramma in quanto i picchi successivi non erano ben definiti e avrebbero potuto dar problemi nella convergenza del fit. Il valore della carica elementare così ricavato risulta dunque essere:

$$e = (1.58 \pm 0.31) 10^{-19} C \quad (6)$$

5 Combinazione dei risultati. Estrazione di $e/h/k$

5.1 Dati provenienti da altri esperimenti

Per la combinazione si sono scelti da aulaweb i valori di e/k ed e/h che meno si discostavano dal valore teorico; per quanto riguarda i valori di h/k e di e sono stati usati i valori ricavati precedentemente.

$e/h[C/(Js)]$	$h/k[Ks]$	$e/k[CK/J]$	$e[C]$
$2.35 \cdot 10^{14}$	$3.84 \cdot 10^{-11}$	11634	$1.58 \cdot 10^{-19}$

5.2 Risultati

Minimizzando la funzione definita come differenza in quadratura tra i valori sperimentali e i parametri, si sono ricavati le seguenti stime per e , h e k .

$e[C]$	$h[Js]$	$k[J/K]$
$1.60549 \cdot 10^{-19} \pm 7 \cdot 10^{-27}$	$6.626 \cdot 10^{-34} \pm 9 \cdot 10^{-40}$	$1.38 \pm 0.69 \cdot 10^{-23}$

Si è applicato ai grafici $e-h$, $e-k$, $h-k$ il metodo Countour di TMinuit con una coverage del 68% e si è inserito in tali grafici il punto corrispondente al valore teorico ovvero rispettivamente $(1.6 \cdot 10^{-19} C, 6.6 \cdot 10^{-34} Js)$, $(1.6 \cdot 10^{-19} C, 1.4 \cdot 10^{-23} J/K)$, $(6.6 \cdot 10^{-34} 1.4 \cdot 10^{-23} J/K)$.// I valori ottenuti sono compatibili con i valori teorici a meno del valore di k .