

Misura precisa delle costanti fisiche e , h ed k .

Andrea Parodi, Francesco Polleri, and Mattia Sotgia*
Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Genova, Genova, Italia
(Dated: 14 dicembre 2022)

Presentiamo la misura dei valori della carica dell'elettrone e , della costante di Planck h e della costante di Boltzmann k come combinazione di quattro esperimenti separati ed indipendenti, mirati alla misura dei rapporti e/h , e/k [1] e h/k , insieme all'esperimento proposto da Millikan [2] per ottenere un valore della carica elementare e . Ci concentriamo sulla misura del rapporto h/k realizzando lo stesso esperimento proposto in [3], sfruttando quindi la radiazione di corpo nero in una sua applicazione realizzabile in laboratorio. Combiniamo quindi i risultati in uno studio statistico ottenendo un valore preciso per le costanti h , e , k .

CONTENTS

1. Introduzione	1
2. Teoria	1
3. Metodi	2
3.1. Misura della dipendenza da γ	2
4. Determinazione indipendente della carica elementare	2
5. Calcolo delle costanti e , h , k e conclusioni	2
Riferimenti bibliografici	2

1. INTRODUZIONE

Vogliamo ottenere una misura precisa del valore della carica dell'elettrone e , della costante di Planck h e della costante di Boltzmann k . Per ottenere la misura di queste tre costanti ci concentriamo sulla realizzazione di quattro esperimenti, separati ed indipendenti. Non è facile infatti, eccetto per il caso della carica elementare, realizzare un singolo esperimento che permetta di misurare il valore di h , k in modo diretto, ma sono invece realizzabili alcuni esperimenti che permettono di ottenere il valore dei rapporti a coppie di queste tre quantità [1–3]. Otterremo infatti la misura del rapporto e/h studiando la curva di risposta del passaggio di corrente attraverso una giunzione p - n , come un LED, rispetto alla tensione fornita in alimentazione. La misura di e/k è invece ottenuta in modo simile, però studiando la risposta di un transistor ad un segnale di tensione in ingresso. Infine a partire dalla legge di Boltzman, sfruttando la legge della radiazione di corpo nero di Planck andiamo a calcolare il valore di h/k .

La trattazione descrive inizialmente, in sezione 2, gli aspetti teorici delle tre misurazioni che si effettuano, poi si affronta in modo più dettagliato in sezione 3 il metodo sperimentale seguito per la misura del rapporto h/k a partire dalla descrizione della radiazione di corpo nero fornita da Planck. Ai tre esperimenti realizzati in laboratorio sono poi aggiunti dati di misurazioni dell'esperimento di Millikan che permettono di ottenere una stima di e , la cui descrizione qualitativa e analisi dettagliata è fornita in sezione 4. Dati quindi i quattro valori ottenuti possiamo ottenere una miglior stima delle costanti fisiche realizzando una analisi statistica, descritta in sezione 5.

2. TEORIA

Risposta in corrente di una giunzione p-n, misura di e/k È noto per le conclusioni tratte già da [4] e poi dai risultati della meccanica quantistica che una particella, carica elettronicamente, se colpita con sufficiente energia E produce un fotone di frequenza ν e una particella identica ma di energia inferiore. La relazione che si trova è data da $E = h\nu$, e la costante di proporzionalità è la costante di Planck. Non è però facile misurare in modo diretto il valore dell'energia per poter ricavare una stima immediata di tale costante. Esistono però alcune condizioni per cui

* s4942225@studenti.unige.it

Risposta in tensione di un transistor, misura di e/h Come i LED anche i transistor sfruttano giunzioni di semiconduttori con drogaggio $p-n$. Infatti quando si crea una giunzione si instaura una corrente $I = A \cdot \exp\left(\frac{-eV_0}{kT}\right)$ che però non si annulla solo se applica una tensione ulteriore V . La corrente totale diventa $I = A \cdot \exp\left(\frac{e(V_0-V)}{kT}\right) - A \cdot \exp\left(\frac{eV_0}{kT}\right) = A \cdot \exp\left(\frac{-eV_0}{kT}\right) \cdot (A \cdot \exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1) = I_0 \cdot (\exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1)$. In realtà ci sono anche dei fattori di non idealità per cui l'equazione diventa

$$I_0 \cdot (\exp\left(\frac{eV}{kT\eta}\right) - 1) \quad (1)$$

. Però i transistor funzionano utilizzando due giunzioni nella sequenza $n-p-n$ (emettitore, base e collettore) per cui, se emettitore e base sono tenuti allo stesso potenziale, la corrente che circola è descritta in modo abbastanza accurato da 1 con $\eta = 1$. Se si conosce la temperatura T , misurando la corrente I facendo variare la tensione è possibile fare un fit e ricavare il parametro e/k . Per la misura della temperatura si può usare una resistenza Pt100 della quale conosciamo l'andamento in funzione della temperatura.

Radiazione di corpo nero

3. METODI

3.1. Misura della dipendenza da γ

4. DETERMINAZIONE INDIPENDENTE DELLA CARICA ELEMENTARE

5. CALCOLO DELLE COSTANTI e , h , k E CONCLUSIONI

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] F. W. Inman and C. E. Miller, The Measurement of e/k in the Introductory Physics Laboratory, American Journal of Physics **41**, 349 (1973).
- [2] R. A. Millikan, The Isolation of an Ion, a Precision Measurement of its Charge, and the Correction of Stokes's Law, Physical Review (Series I) **32**, 349 (1911).
- [3] R. E. Crandall and J. F. Delord, Minimal apparatus for determination of Planck's constant, American Journal of Physics **51**, 90 (1983).
- [4] A. Einstein, Concerning an heuristic point of view toward the emission and transformation of light, American Journal of Physics **33**, 367 (1965).