

# Costante di Planck

Barletta Valentina – [valentina.barletta@edu.unito.it](mailto:valentina.barletta@edu.unito.it); Caccherano Beatrice – [beatrice.caccherano@edu.unito.it](mailto:beatrice.caccherano@edu.unito.it); Collé Federico – [federico.colle@edu.unito.it](mailto:federico.colle@edu.unito.it) – AII 03

---

## Abstract

Tra lo studio dei fenomeni che hanno consentito il passaggio tra fisica classica e moderna vi è quello condotto sull'emissione da corpo nero. L'ipotesi di Planck, che introdusse il concetto di quantizzazione dell'energia, permise ad Albert Einstein di intuire che la luce fosse composta da “quanti di energia”, detti fotoni. L'effetto fotoelettrico, caratterizzato dall'emissione di elettroni da parte di una superficie metallica esposta a luce UV, trova spiegazione nell'ipotesi di Einstein: un fotone è in grado di cedere la sua energia ad un elettrone di conduzione prossimo alla superficie. L'esperienza di laboratorio descritta di seguito ha come oggetto la stima della costante di Planck partendo dalla relazione di Einstein, sfruttando l'esperimento di Hertz sull'effetto fotoelettrico.

## 1. Obiettivi della misura

Lo scopo dall'esperienza è quello di misurare la costante di Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  dalla relazione di Einstein:

$$K_e = hf - W_e \quad (1)$$

dove  $K_e$  è l'energia cinetica dell'elettrone estratto,  $f$  è la frequenza della radiazione incidente sulla superficie metallica e  $W_e$  è il lavoro di estrazione del metallo.

## 2. Apparato sperimentale

All'interno di un'ampolla di vetro in cui è fatto il vuoto si trovano un fotocatodo a base di cesio e un anello come anodo, come mostra la fig.1. Tra anodo e catodo è applicata una tensione di controcampo  $V_c$  tramite una pila da 3V. La tensione di controcampo è regolabile mediante un potenziometro esterno ed è misurata con un tester digitale (AMPROBE 37 XR-A). Il catodo è illuminato da un diodo led a lunghezza d'onda fissata, alimentato da un generatore stabilizzato a 20V. La luce, colpendo il catodo, estrae gli elettroni, generando così una corrente misurata con un picoamperometro esterno.

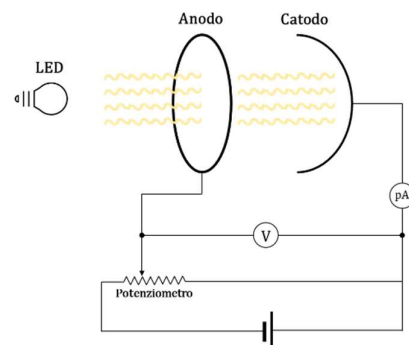


Fig.1: Apparato sperimentale

Applicando un campo elettrico frenante, l'energia cinetica degli elettroni viene equilibrata, annullando la corrente. Da questa osservazione è possibile ricavare dalla (1) la costante di Planck. L'apparato sperimentale è racchiuso all'interno di una scatola metallica per evitare che sorgenti esterne di luce possano falsare la misura.

### 3. Presa dati

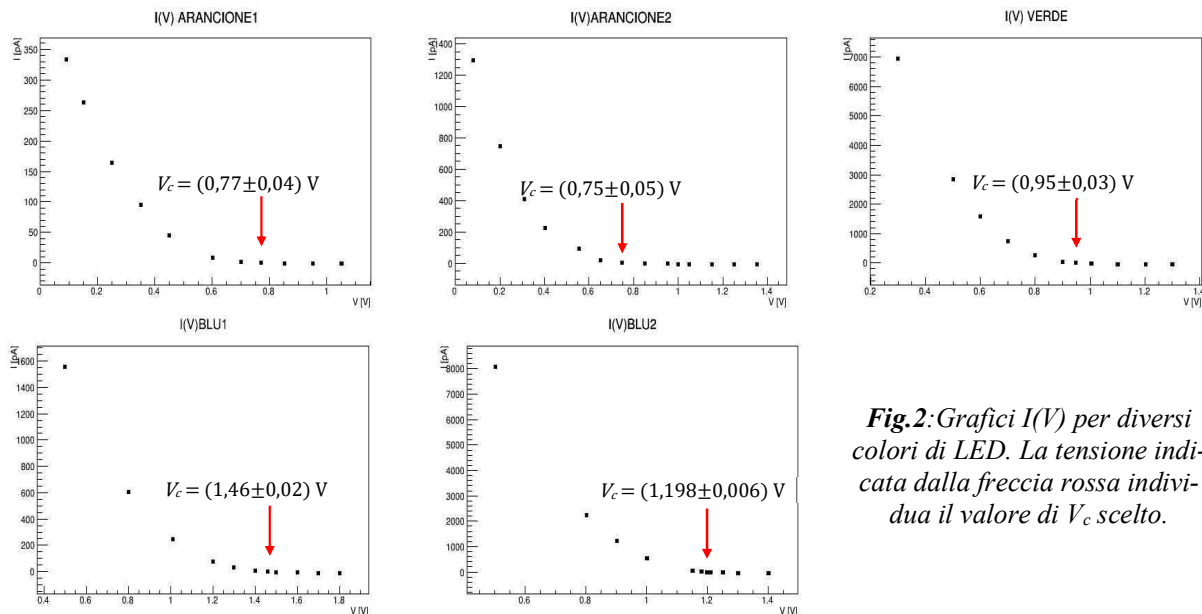
L'esperienza consiste nell'illuminare il fotocatodo con cinque led di lunghezza d'onda differente ed acquisire i valori della corrente  $I$  al variare della tensione di controcampo  $V_c$ .

L'errore associato alla corrente è stato assegnato in funzione della variabilità del suo valore osservato sullo strumento che era dell'ordine dei pA.

### 4. Analisi dati

In fig.2 sono riportate le curve di corrente-tensione tratte dai dati sperimentali. Si noti che in tutti i grafici, all'aumentare della tensione, la corrente diminuisce progressivamente. Da un certo valore di tensione in poi, si osserva che la corrente si annulla. Ciò è dovuto all'introduzione di una tensione di controcampo  $V_c$  tale da bilanciare la corrente che si genera per effetto fotoelettrico.

Tenendo conto dei pochi dati acquisiti, si è scelto di associare come tensione di controcampo  $V_c$  il valore di tensione per il quale la corrente  $I$  è compatibile con lo zero. L'errore attribuito a  $V_c$  è stato valutato come la metà della distanza tra due punti consecutivi di tensione, in modo tale da non sottostimarli.



**Fig.2:** Grafici  $I(V)$  per diversi colori di LED. La tensione indicata dalla freccia rossa individua il valore di  $V_c$  scelto.

Dalla (1) si ricava la relazione che lega la tensione di controcampo  $V_c$  e la frequenza della luce incidente:

$$V_c = \frac{hf}{e} - \frac{W_e}{e}$$

Effettuando, dunque, una regressione lineare:

$$V_c = p_1 f + p_0$$

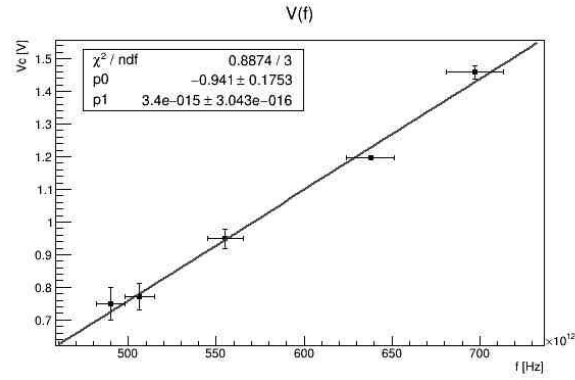


Fig.3: Fit lineare di  $V(f)$

si ottiene il fit di fig.3. I valori utilizzati per la realizzazione del grafico sono riportati in appendice in tab.1. I parametri del fit ottenuti sono:

$$p_0 = (-0,9 \pm 0,1)V \quad p_1 = (3,4 \pm 0,3)10^{-15} V/Hz$$

Il valore della costante di Planck  $h$  è stato estratto dal coefficiente angolare della retta interpolatrice. Il lavoro di estrazione ottenuto dal fit è  $W_e = (1,5 \pm 0,3)10^{-19}J$ .

Un altro metodo per stimare la costante di Planck è quello di effettuare delle regressioni lineari per alti valori di tensione  $V$ , tali per cui la corrente si stabilizza ed inizia il plateau della curva. Tuttavia, tale modo di procedere è stato rigettato poiché, come mostra la fig4. riportata in Appendice 2, i dati sui cui viene applicato il fit lineare oscillano visibilmente. Pertanto, i dati non risultano ragionevolmente allineati su una retta parallela all'asse  $x$ .

## 5. Risultati e osservazioni conclusive

In questa esperienza è stata stimata la costante di Planck partendo dalla relazione (1) attraverso un fit lineare tra tensione di controcampo e frequenza dei LED, ottenendo:

$$h = (5,5 \pm 0,5) \cdot 10^{-34} J s$$

Il valore sperimentale si discosta dal teorico del 16%, nonostante i limiti dell'apparato sperimentale. Difatti, i valori di corrente acquisiti mediante il picoamperometro erano molto oscillanti a causa della presenza di una corrente parassita. La corrente parassita era generata dagli elettroni che, incidendo sull'anodo, provocavano un secondo effetto fotoelettrico, instaurando così una corrente di segno negativo. Tenendo conto, quindi, dei limiti dell'apparato il risultato è più che soddisfacente, poiché l'ordine di grandezza è quello cercato. Anche il lavoro di estrazione si discosta dal valore atteso del cesio del 48% per i motivi sopra citati.

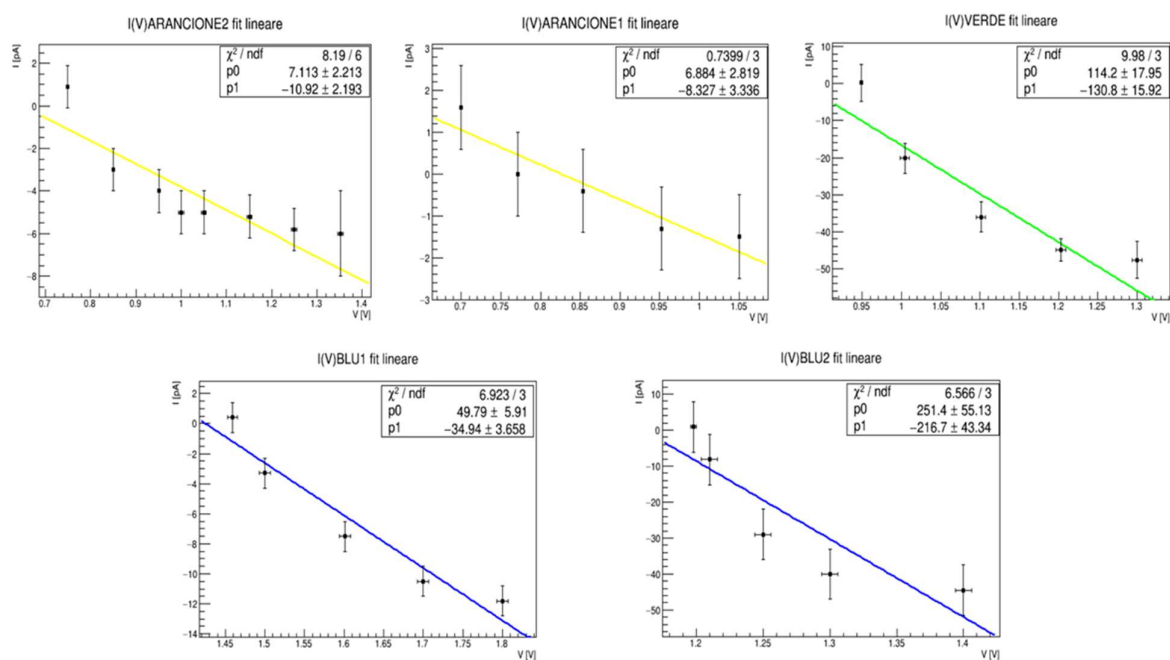
## 6. Appendice

### Appendice 1

**Tab. 1** Dati usati per la realizzazione del fit di fig. 3

$V_c$ [V]	$\sigma_{Vc}$ [V]	$f \cdot 10^{14}$ [Hz]	$\sigma_f \cdot 10^{14}$ [Hz]
0,749	0,001	4,90	0,08
0,771	0,001	5,06	0,09
0,949	0,001	5,6	0,1
1,198	0,006	6,4	0,1
1,459	0,006	7,0	0,2

### Appendice 2



**Fig4:** Fit lineari effettuati sul plateau delle curve riportate in fig.2