

# Determinazione della costante di Planck

**Materiale occorrente:**

- apparecchio per la misura della costante di Planck.

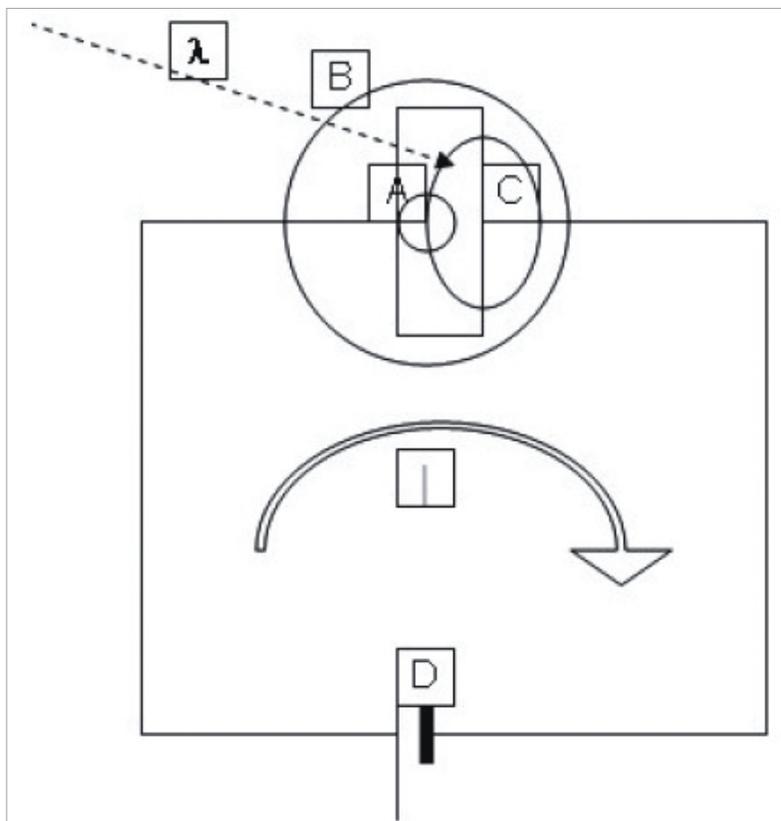
## Principio

Secondo le ipotesi di Einstein, una radiazione elettromagnetica avente una lunghezza d'onda  $\lambda$  ha una frequenza  $\nu$  data dalla relazione  $\nu = c/\lambda$ , dove  $c$  è la velocità della luce che nel vuoto è costante ed è pari a circa  $3 \cdot 10^8$  m/s. L'energia trasportata da una radiazione elettromagnetica è data dalla relazione di Planck:

$$E = h \cdot \nu$$

dove  $h$  è la costante di Planck ( $6,626 \cdot 10^{-34}$  J · s).

L'energia trasportata da una radiazione elettromagnetica può essere rivelata mediante la cellula fotoelettrica (il dispositivo **B** dello schema di **FIGURA 1**).



**FIGURA 1** Schema della strumentazione

La cellula fotoelettrica è composta da un'ampolla di vetro al cui interno è stato praticato il vuoto. All'interno dell'ampolla si trova una placca metallica (**foto-catodo**) (il dispositivo **C** dello schema di **FIGURA 1**). I fotoni trasferiscono al **foto-catodo** una energia pari a:

$$E = h \cdot \nu$$

Successivamente i fotoni trasferiscono al **foto-catodo** una energia pari a:

$$E = (h \cdot \nu) - W$$

Dove  $W$  è il lavoro di estrazione dal foto-catodo. Gli elettroni generati dall'effetto fotoelettrico vengono raccolti nell'**anodo** (**A** in **FIGURA 1**) e il circuito ad esso collegato fluisce una corrente  $I$ . applicando una differenza di potenziale  $V$  all'anodo e al catodo, per mezzo di un generatore (**D** in **FIGURA 1**) è possibile annullare l'energia degli elettroni emessi, annullando la corrente. Nel momento che la corrente è nulla vale la seguente relazione:

$$e \cdot V = E' = (h \cdot \nu) - W$$

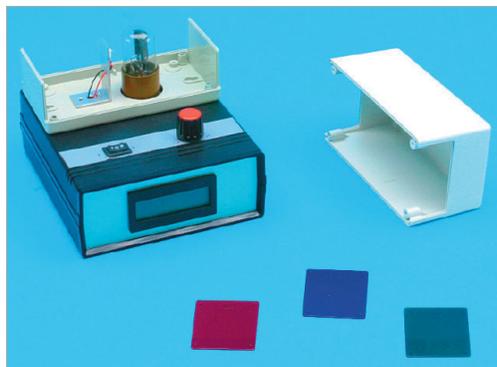
dove  $e$  è la carica dell'elettrone [ $1,60219 \cdot 10^{-19}$  C (coulomb)]. Dal valore della differenza di potenziale  $V$  applicata per annullare la corrente dell'effetto fotoelettrico possiamo calcolare la costante di Planck ( $h$ ).

## Metodica

L'apparato è costituito dal circuito delle **FIGURE 2 e 3**, completo di uno strumento in grado di misurare la differenza di potenziale **V**, espressa in millivolt (**mV**) e la corrente, espressa in unità pari a circa 5 microampere (**μA**). La fotocellula (**A** in **FIGURA 1**) è illuminata da una lampada (**LED**). La lunghezza d'onda di illuminazione può essere variata inserendo tre filtri ottici tra lampada e cellula (**FIGURA 4**).



**FIGURA 2** Apparecchiatura per la determinazione della costante di Planck



**FIGURA 3** Spaccato dell'apparecchiatura per la determinazione della costante di Planck



**FIGURA 4** Set di filtri interferenziali

**TABELLA 1** Lunghezze d'onda ( $\lambda$ ) e frequenze ( $\nu$ ) di trasmissione dei filtri

colore	$\lambda$	$\nu$
blu	480 nm	$6,246 \cdot 10^{14}$ Hz
verde	510 nm	$5,878 \cdot 10^{14}$ Hz
giallo	570 nm	$5,259 \cdot 10^{14}$ Hz

La **TABELLA 1** mostra le lunghezze d'onda ( $\lambda$ ) e frequenze ( $\nu$ ) di trasmissione dei filtri. Per effettuare la misura della costante di Planck si deve operare nel seguente modo:

- 1) accendere lo strumento agendo sul pulsante posteriore. Sollevando la copertura superiore è possibile mostrare la cellula fotoelettrica e la lampada accesa;
- 2) riposizionare la copertura superiore. Inserire il filtro BLU, che trasmette alla lunghezza d'onda  $\lambda_1$  e frequenza  $\nu_1$ , nella fenditura superiore;
- 3) commutare l'interruttore superiore nella posizione **I** (misura di corrente). Lo strumento frontale ora indica la corrente che attraversa il circuito;
- 4) ruotando la manopola superiore, variare la differenza di potenziale prodotta dal **generatore (D** in **FIGURA 5)** fino ad annullare la corrente letta sullo strumento (**attenzione:** vista l'elevata sensibilità dello strumento qualche piccola fluttuazione attorno al valore nullo è inevitabile);
- 5) commutare l'interruttore superiore nella posizione **V** (misura di tensione). Lo strumento frontale ora indica, in **mV**, la differenza di potenziale prodotta dal generatore **D**. Sia **V<sub>1</sub>** tale potenziale di interdizione;
- 6) ripetere i passi 2, 3, 4, e 5 con il filtro GIALLO, che trasmette alla lunghezza d'onda  $\lambda_3$  e frequenza  $\nu_3$ .

Osserviamo come:

$$e \cdot V_1 = h \cdot \nu_1 - W$$

$$e \cdot V_3 = h \cdot \nu_3 - W$$

da cui sottraendo membro a membro e risolvendo rispetto **h** si ottiene:

$$h = (V_3 - V_1) / (\nu_3 - \nu_1)$$

se per esempio abbiamo:

$$V_1 = 1089 \text{ mV} = 1,089 \text{ V}$$

e

$$V_3 = 716 \text{ mV} = 0,716 \text{ V}$$

otteniamo:

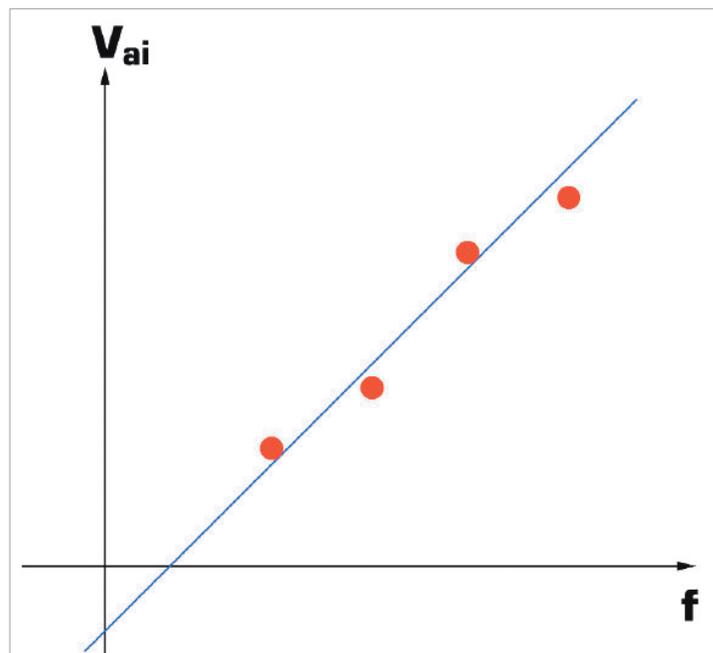
$$h = 6,06 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

più che accettabile nella semplicità dell'apparato di misura, a fronte di un valore in letteratura pari a  $h=6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

Naturalmente, la misura può essere effettuata usando qualunque coppia di lunghezze d'onda. Comunque è meglio scegliere il filtro blu e il giallo in quanto, per questa coppia, la differenza tra le lunghezze d'onda è massima e ciò semplifica la misura. Osserviamo inoltre come la relazione:

$$e \cdot V = h \cdot \nu - W$$

sia lineare tra  $V$  e  $\nu$ , rappresentando un grafico con  $V$  (differenza di potenziale) nelle ordinate e  $\nu$  (frequenza) nelle ascisse i valori dei potenziali di interdizione, utilizzando i tre filtri, danno origine a una relazione lineare (FIGURA 5). Il valore di  $W$  può essere estrapolato dal grafico annullando la frequenza (nel grafico  $f$ ).



**FIGURA 5** Grafico del potenziale di interdizione rispetto alla frequenza