

Apparecchio per la Costante di Planck

1000536 (115 V, 50/60 Hz), 1000537 (230 V, 50/60 Hz)

Manuale di istruzioni

10/26 ALF/DU/HJB



- 1 LED con cavo di collegamento
- 2 Nanoamperometro
- 3 Voltmetro
- 4 Cappuccio di protezione della fotocellula
- 5 Tubo di alloggiamento della fotocellula
- 6 Presa per alimentatore a spina
- 7 Alimentazione di tensione con jack di raccordo per LED
- 8 Regolatore della forza controelettromotrice (approssimativo)
- 9 Regolatore della forza controelettromotrice (fine)
- 10 Regolatore di intensità
- 11 Involucro protettivo

1. Note

La fotocellula dell'apparecchio della costante di Planck è molto sensibile. Un'intensa esposizione alla luce potrebbe provocarne il rapido invecchiamento e danneggiarla in modo permanente. Dopo l'irradiazione essa necessita, anche nelle migliori condizioni, di parecchio tempo per potersi ristabilizzare.

- Non rimuovere in alcun caso il cappuccio di protezione della fotocellula.
- Al termine degli esperimenti, inserire l'involucro sul tubo di alloggiamento della fotocellula.
- Proteggere l'apparecchio da urti e non esporre a temperature estreme, elevata umidità atmosferica, liquidi o raggi solari diretti.

2. Contenuto della fornitura

- 1 apparecchio di base con fotocellula, voltmetro, nanoamperometro e alimentazione per i LED
- 1 involucro protettivo per il tubo di alloggiamento della fotocellula
- 5 LED (472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm) in scatola con cavo di collegamento
- 1 alimentatore ad innesto 12 V CA
- 1 manuale di istruzioni

3. Descrizione

L'apparecchio per la misura della costante di Planck serve la determinazione della costante di Planck h e l'estrazione degli elettroni W dal catodo al cesio della fotocellula secondo il metodo della forza controelettromotrice.

Esso comprende una fotocellula a vuoto, un voltmetro per la misurazione della forza controelettromotrice, un nanoamperometro per la misurazione della fotocorrente e una sorgente di tensione per LED. Cinque diodi ad emissione luminosa (LED) con lunghezza d'onda media conosciuta vengono utilizzati come sorgente luminosa a frequenza diversa. L'intensità della luce

emessa può variare da 0 a 100%. La fotocellula è composta da un catodo vaporizzato al cesio e un anodo ad anello. Quando l'apparecchio è acceso, fra questi elettrodi è presente una tensione variabile in maniera approssimativa o fine tramite due regolatori.

L'alimentazione di tensione dell'apparecchio è effettuata mediante l'alimentatore a spina fornito in dotazione. L'apparecchio per la misura della costante di Planck con numero articolo è predisposto per una tensione di rete di 115 V ($\pm 10\%$), mentre quello con numero articolo 1000537 è predisposto per una tensione di 230 V ($\pm 10\%$).

4. Dati tecnici

Fotocellula:	tipo 1P39, cesio (Cs)
<u>Voltmetro:</u>	
Display:	display LCD a 3½ cifre
Accuratezza:	0,5 % (tipico)
<u>Nanoamperometro:</u>	
Display:	display LCD a 3½ cifre
Accuratezza:	1 % (tipico)
LED:	472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm
Dimensioni:	ca. 280 x 150 x 130 mm³
Massa:	ca. 1,3 kg

5. Principi teorici

Il cosiddetto effetto fotoelettrico rappresentò tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo, quando si ritenne la fisica praticamente completata, uno degli ultimi enigmi. La spiegazione di questo fenomeno non era possibile con la teoria classica. Nel 1905, Einstein riuscì a fornirne una spiegazione teorica semplice e geniale servendosi della teoria quantica introdotta da Max Planck. Egli suppose che la luce consistesse di particelle, dette fotoni. L'energia E di tale fotoni (quanti di luce) doveva essere direttamente proporzionale alla relativa frequenza f e la durata dell'impulso p indirettamente proporzionale alla lunghezza d'onda λ :

$$E = h \cdot f \cdot p = h/\lambda$$

La costante di proporzionalità h è proprio la costante di Planck. Ciò significa che l'energia sotto forma di radiazione elettromagnetica può essere propagata solo in piccoli pacchetti, definiti quanti. Questa grandezza minima dipende dalla frequenza. La costante di Planck è una costante naturale fondamentale e ha un valore preciso $h = 6,62606896 \cdot 10^{-34}$ Js.

Nell'esperimento, la luce del diodo luminoso collegato giunge sul catodo attraverso un anodo ad anello. Se un elettrone viene colpito da un fotone, per l'effetto fotoelettrico quest'ultimo rilascia tutta

la propria energia ($E = h \cdot f$). Una parte dell'energia serve a strappare l'elettrone dalla superficie metallica (lavoro di estrazione W), mentre il resto è disponibile all'elettrone come energia cinetica:

$$E_{\text{kin}} = h \cdot f - W$$

Il lavoro di estrazione tratta di una grandezza dipendente dal materiale e dalla temperatura e ammonta per il cesio a 2,14 eV a 0 K e a circa 2 eV a temperatura ambiente.

A seconda della forza controelettromotrice applicata fra catodo e anodo, dal catodo all'anodo scorre una corrente elettronica misurabile con il nanoamperometro. Se la forza controelettromotrice corrisponde alla tensione massima U_0 con

$$e \cdot U_0 = h \cdot f - W \quad \text{und} \quad e = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

allora tale corrente raggiungerà il valore di 0 nA.

In un diagramma $e \cdot U_0 - f$ le tensioni massime U_0 misurate per le diverse frequenze f si trovano su una retta con inclinazione h e sezione dell'asse y W . Per ciascun materiale catodico, la sezione dell'asse y della retta corrispondente è diversa. L'incremento della retta è indipendente dal materiale catodico.

6. Funzionamento

6.1 Misurazione della tensione massima con intensità luminosa al 75%.

- Collegare l'alimentatore.
- Impostare l'intensità della sorgente luminosa al 75%.
- Inserire il connettore della prima sorgente luminosa nel jack di raccordo per LED.
- Premere l'uno contro l'altro i perni di fissaggio dell'involucro del tubo di alloggiamento della fotocellula e togliere l'involucro.
- Inserire interamente la scatola LED sul tubo di alloggiamento della fotocellula fino a far scattare i perni di fissaggio.
- Portare il pulsante di regolazione fine della forza controelettromotrice in posizione centrale.

Nota: è consigliabile, durante la prima misurazione, attendere un paio di minuti prima di iniziare a regolare la tensione massima.

- Ruotare lentamente il regolatore approssimativo fino a quando la fotocorrente nel nanoamperometro non sarà circa 0.
- Ottimizzare la regolazione con il regolatore fine. A tale scopo, ruotare il regolatore fine fino a quando l'indicatore non cambia da 0 a -0.

- Annotare la forza contro elettromotrice così impostata come tensione massima U_0 .
- Ripetere la misurazione con gli altri quattro LED.
- Dopo l'esperimento reinserire l'alloggiamento in plastica sul tubo del LED.

6.2 Determinazione della costante di Planck h .

- Sulla base delle lunghezze d'onda λ indicate, calcolare le frequenze $f = \frac{c}{\lambda}$ con $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ della luce.
- Sulla base delle tensioni massime U_0 , calcolare le energie $e \cdot U_0$ con $e = 1,6021 \cdot 10^{-19} C$.
- Registrare i valori rilevati in un diagramma energia-frequenza.
- Adeguare la retta ai valori e determinare la costante di Planck h in base all'inclinazione e il lavoro di estrazione W in base alla sezione dell'asse Y.

Nota: la valutazione risulta più semplice, soprattutto in riferimento alla retta del risultato, con il programma Excel fornito in dotazione, che richiede unicamente l'inserimento dei valori di tensione massima misurati nella tabella corrispondente. Fatto questo, è possibile leggere l'incremento h e la sezione dell'asse y W nei grafici e calcolare l'errore relativo al valore di letteratura registrando questi valori nella posizione prevista nella seconda tabella.

6.3 Dimostrazione dell'indipendenza della tensione massima dall'intensità luminosa.

- Selezionare un LED.
- Impostare l'intensità massima e rilevare la tensione massima U_0 .
- Ridurre gradualmente l'intensità fino a zero, rilevando ogni volta la tensione massima U_0 .

7. Pulizia

- Utilizzare solamente detergenti delicati normalmente reperibili in commercio. Non usare detergenti abrasivi o corrosivi.
- Prestare attenzione e assicurarsi che nessun liquido penetri all'interno dell'apparecchio.
- Per scollegare l'apparecchio, rimuovere l'alimentatore a spina.
- Pulire l'apparecchio con un panno privo di filaccia leggermente (!) inumidito.

8. Smaltimento delle apparecchiature (RAEE)

Il simbolo del cassonetto barrato indica che questo dispositivo, alla fine della sua vita utile, deve essere raccolto separatamente dai rifiuti urbani indifferenziati. Il dispositivo non deve essere smaltito nei normali rifiuti domestici. Per la restituzione, si prega di utilizzare i sistemi di raccolta e restituzione locali gratuiti messi a disposizione dai comuni (es. centri di riciclaggio) o le opzioni di ritiro offerte dai rivenditori.



- **Batterie e lampade:** Rimuovere le batterie e gli accumulatori esausti non racchiusi nell'apparecchiatura, nonché le lampade che possono essere rimosse senza essere distrutte, prima di consegnare l'apparecchiatura a un punto di raccolta.
- **Protezione dei dati:** In qualità di utente finale, è vostra responsabilità legale cancellare i dati personali dalle apparecchiature da smaltire.
- **Imballaggio:** Smaltire i materiali di imballaggio separatamente presso i punti di riciclaggio locali (es. carta/cartone nella raccolta della carta, plastica negli appositi contenitori per il riciclaggio).

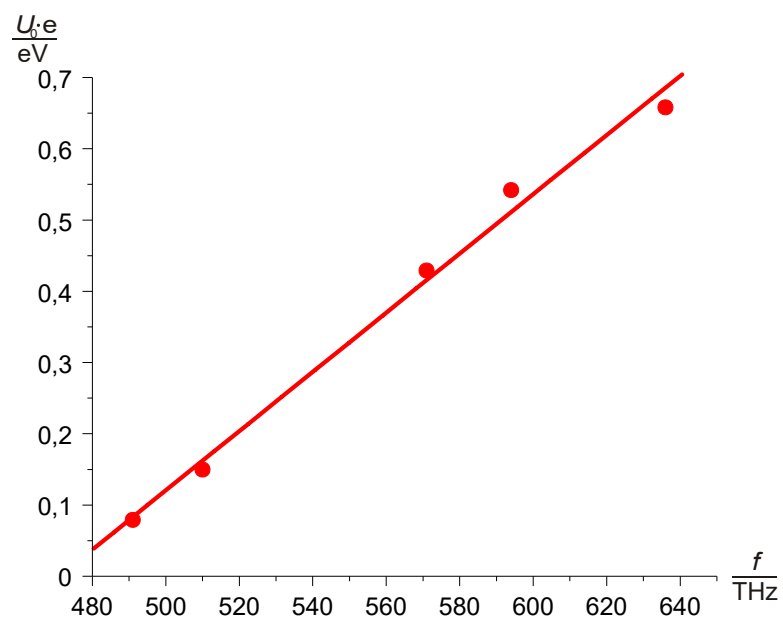


Fig.1 Energia massima $U_0 \cdot e$ in funzione della frequenza f

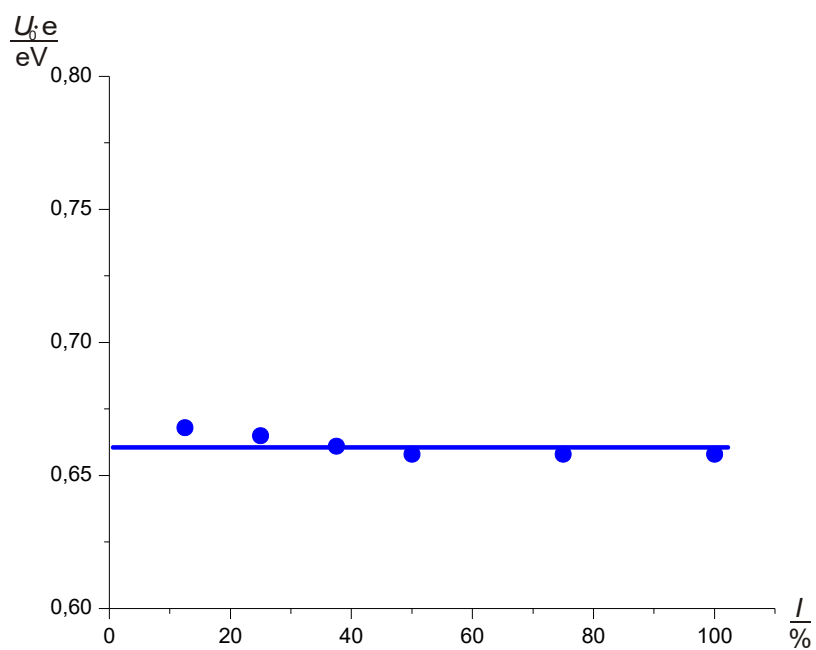


Fig. 2 Tensione massima U_0 in funzione dell'intensità luminosa I ad una lunghezza d'onda pari a 472 nm