

Effetto fotoelettrico - Misura del rapporto $\frac{h}{e}$

Gruppo EB.24

Giovanni Sucameli, Davide Incalza, Francesco Sacco

25 Marzo 2019

Scopo dell'esperienza e cenni teorici

Obiettivo di questa esperienza è la verifica dell'effetto fotoelettrico e dell'ipotesi di Einstein (1905) e successivamente verificata da Einstein, secondo cui un'onda elettromagnetica è costituita da quanti di luce, detti fotoni, ciascuno dei quali porta un'energia

$$E_\gamma = h\nu \quad (1)$$

dove h è la costante di Planck e ν la frequenza dell'onda. Affinchè un elettrone venga estratto dal metallo è necessario che assorba un fotone di energia superiore al lavoro W_0 di estrazione dal metallo (W_0 varia da metallo a metallo). Dunque l'energia cinetica del fotoelettrone è data da

$$E_e = h\nu - W_0 \quad (2)$$

Da quest'ultima equazione ricaveremo poi anche una stima del rapporto $\frac{h}{e}$. Notiamo infine che, secondo l'ipotesi di Einstein, l'intensità della corrente formata dai fotoelettroni è proporzionale al numero di fotoni (con energia tale da estrarre l'elettrone dal metallo) incidenti sul metallo nell'unità di tempo.

Materiale occorrente

- una lampada a led
- una fotocella Leybold 55877
- filtri interferenziali (Newport)
- scatola metallica
- generatore di tensione continua
- un multimetro digitale
- un picoamperometro digitale

Esperimento di Millikan

Robert Millikan (che già nel 1909 aveva misurato la carica elementare) tra il 1914 ed il 1916 effettuò misure per verificare l'ipotesi di Einstein. L'idea di Millikan è quella di far incidere della luce di frequenza ν (che può essere variata) su un bulbo di vetro su cui era stato depositato a vuoto un catodo alcalino. La corrente dovuta ai fotoelettroni poteva essere misurata mediante un milliamperometro chiuso su un generatore di tensione continua in grado di generare una d.d.p. continua tra il catodo e l'anodo; la polarità è tale da generare nel bulbo un campo elettrico opposto al flusso dei fotoelettroni verso l'anodo, in modo di diminuire la corrente nel circuito. Regolando la tensione V fino ad un valore V_0 tale da annullare la corrente, si ottiene una stima dell'energia cinetica massima dei fotoelettroni da mettere in relazione alla frequenza della luce (per verificare la linearità della relazione energia-frequenza (equazione 2), e ottenere una stima del rapporto $\frac{h}{e}$).

Apparato sperimentale

Per la verifica dell'equazione (2) abbiamo utilizzato un metodo simile a quello usato da Millikan. L'apparato sperimentale è composto da :

- una fotocella Leybold 55877
- una lampada a led usata come sorgente di luce con uno spettro quasi continuo
- un set di filtri interferenziali con cui variare la frequenza dell'onda incidente sul catodo (i valori delle lunghezze d'onda centrali e delle bande passanti sono in Tab.1)
- un generatore di tensione continua (da banco) per variare la tensione di bias tra catodo e anodo
- un voltmetro digitale per misurare la tensione di bias all'uscita del generatore
- un picoamperometro per misurare la corrente dei fotoelettroni

Tabella 1: Lunghezza d'onda centrali, rispettive frequenze con incertezze di banda associate e colore della luce in uscita per i filtri utilizzati.

colore	λ (nm)	FWHM (nm)	$\nu(10^{14} \text{ Hz})$	$d\nu$
azzurro	450.9	9.6		
verde-azzurro	499.05	11.10		
verde	546.03	11.68		
giallo	577	10		

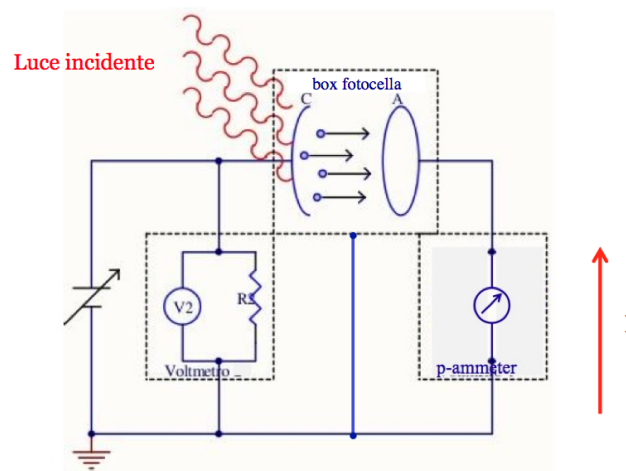


Figura 1: Schema elettrico equivalente per la misura dell'energia cinetica dei fotoni.

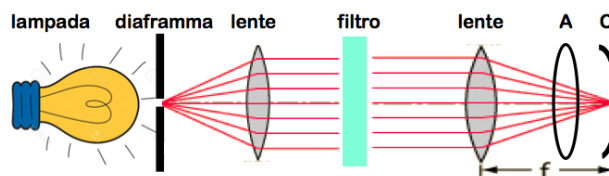


Figura 2: Schema del banco ottico.

Analisi Dati

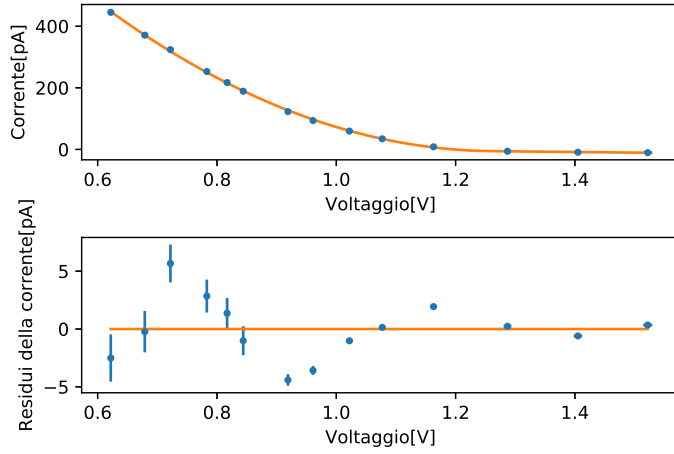


Figura 3: Circuito usato nel punto 1

Parametri di Fit	Valori di Fit
V_0	1.26 ± 0.004
a	$(-1.08 \pm 0.02) \times 10^{-9}$
b	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^{-11}$
I_0	$(-2.0 \pm 0.2) \times 10^{-11}$
χ^2	23.9

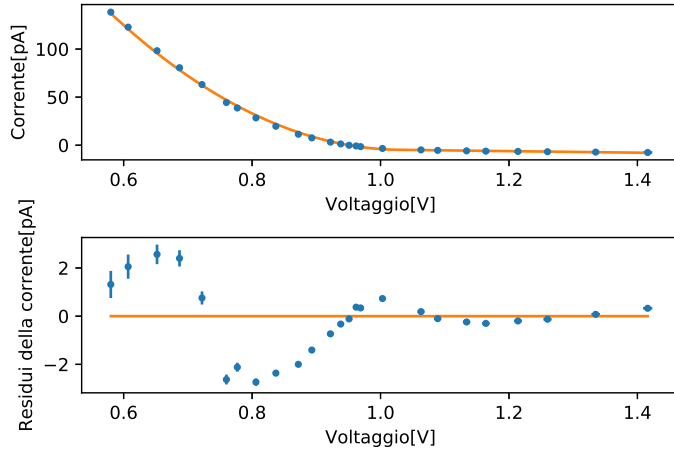


Figura 4: Circuito usato nel punto 1

Parametri di Fit	Valori di Fit
V_0	1.029 ± 0.002
a	$(-6.9 \pm 0.1) \times 10^{-10}$
b	$(8.0 \pm 0.4) \times 10^{-12}$
I_0	$(-3.5 \pm 0.4) \times 10^{-12}$
χ^2	64.3

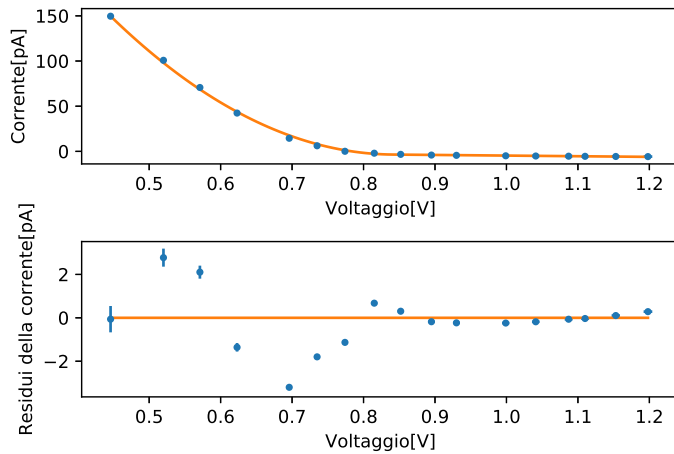
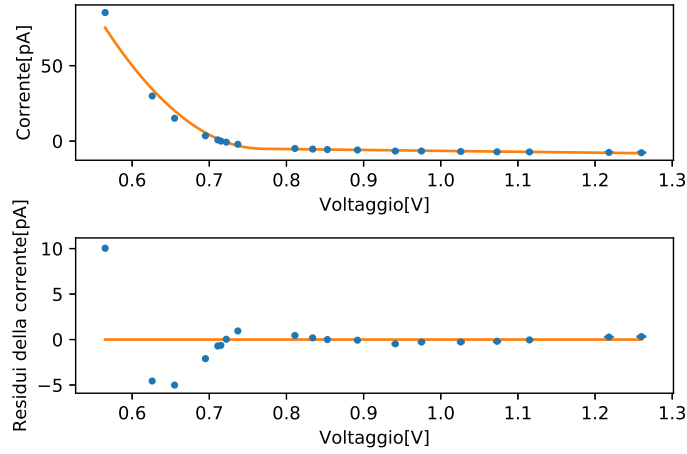


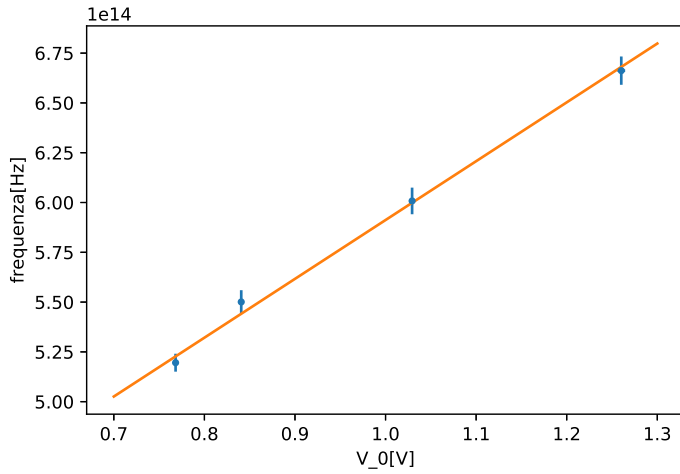
Figura 5: Circuito usato nel punto 1

Parametri di Fit	Valori di Fit
V_0	0.841 ± 0.002
a	$(-9.7 \pm 0.2) \times 10^{-10}$
b	$(7.1 \pm 0.3) \times 10^{-12}$
I_0	$(-2.4 \pm 0.3) \times 10^{-12}$
χ^2	61.8



Parametri di Fit	Valori di Fit
V_0	0.768 ± 0.002
a	$(-1.91 \pm 0.08) \times 10^{-9}$
b	$(6.0 \pm 0.2) \times 10^{-12}$
I_0	$(5.0 \pm 2.0) \times 10^{-13}$
χ^2	1.16×10^2

Figura 6: Circuito usato nel punto 1



Parametri di Fit	Valori di Fit
e/h	$(3.0 \pm 0.2) \times 10^{14}$
W_o/h	$(3.0 \pm 0.2) \times 10^{14}$
χ^2	1.57

Figura 7: Circuito usato nel punto 1

Appendice: Dati

Di seguito: i dati sperimentali V/I per ciascuna frequenza incidente.

	$V[mV]$	$\sigma V[mV]$	$I[pA]$	$\sigma I[pA]$
Luce a 450nm:	622	3	-445	2
	679	3	-371	1
	722	3	-324	1
	783	4	-253	1
	817	4	-217	1
	844	4	-189	1
	919	4	-122.7	0.5
	961	4	-93.6	0.4
	1022	5	-59.5	0.3
	1077	5	-34.5	0.2
	1163	5	-8.5	0.1
	1287	6	5.9	0.1
	1405	7	9.1	0.1
	1522	7	10.5	0.1

Luce a 499nm:

$V[mV]$	$\sigma V[mV]$	$I[pA]$	$\sigma I[pA]$
580	3	-138.4	0.6
607	3	-122.8	0.5
652	3	-98.3	0.4
687	3	-80.6	0.3
722	3	-63.1	0.3
760	3	-44.4	0.2
777	4	-38.7	0.2
806	4	-28.4	0.2
837	4	-19.7	0.1
872	4	-11.4	0.1
893	4	-7.6	0.1
922	4	-3.2	0.1
938	4	-1.3	0.1
951	4	0.1	0.1
962	4	0.8	0.1
969	4	1.5	0.1
1003	5	3.4	0.1
1063	5	4.9	0.1
1089	5	5.4	0.1
1134	5	5.9	0.1
1164	5	6.2	0.1
1214	6	6.5	0.1
1260	6	6.8	0.1
1335	6	7.2	0.1
1416	7	7.6	0.1

Luce a 545nm:

$V[mV]$	$\sigma V[mV]$	$I[pA]$	$\sigma I[pA]$
446	2	-149.6	0.6
520	2	-100.8	0.4
571	3	-70.7	0.3
623	3	-42.4	0.2
696	3	-14.5	0.1
735	3	-6.2	0.1
774	3	-0.1	0.1
815	4	2.0	0.1
852	4	3.3	0.1
895	4	4.1	0.1
930	4	4.4	0.1
999	5	4.9	0.1
1041	5	5.1	0.1
1087	5	5.4	0.1
1110	5	5.5	0.1
1153	5	5.6	0.1
1198	6	5.8	0.1

	$V[mV]$	$\sigma V[mV]$	$I[pA]$	$\sigma I[pA]$
	565	2	-85.2	0.4
	626	3	-29.9	0.2
	655	3	-15.1	0.1
	695	3	-3.5	0.1
	711	3	-0.8	0.1
	715	3	0	0.1
	722	3	0.7	0.1
	737	3	2.1	0.1
Luce a 577nm:	811	4	4.9	0.1
	834	4	5.3	0.1
	853	4	5.6	0.1
	892	4	5.9	0.1
	941	4	6.6	0.1
	975	4	6.6	0.1
	1026	5	6.9	0.1
	1073	5	7.1	0.1
	1115	5	7.2	0.1
	1218	6	7.5	0.1
	1260	6	7.7	0.1

Dichiarazione

I firmatari di questa relazione dichiarano che il contenuto della relazione è originale, con misure effettuate dai membri del gruppo, e che tutti i firmatari hanno contribuito alla elaborazione della relazione stessa.