Relazione esperienza 6

Giacobbe, Lucentini, Di Domenico

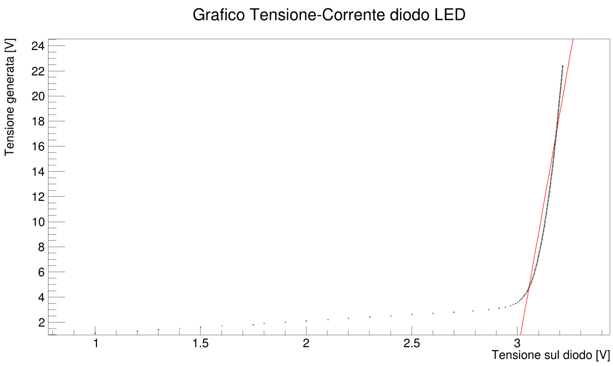
21 Dicembre 2023

1 Esperimento in laboratorio

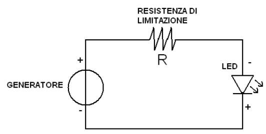
Misura delle costanti fondamentali e, h, k, mediante tre esperimenti e l'analisi dati dell'esperimento di Millikan.

1.1 Introduzione e presa dati

Utilizzando l'emissione di vari led colorati si calcola il rapporto e/h; altri gruppi si sono concentrati sul calcolo di e/k e h/k.
Si misura la tensione ai capi del diodo LED variando la tensione generata. Si riproduce l'andamento della curva Corrente-Tensione per il diodo polarizzato direttamente aumentando la tensione generata da $0.1V$ a circa $22V$, questo per sei led di colori diversi. Errore sulla tensione generata: $\Delta V_{gen} = V_{gen} \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-3} V$



(a) Curva diodo Led UV e approssimazione di regime lineare



(b) Circuito di misura

1.2 Analisi dati

Si approssima l'andamento con un regime lineare quando la corrente che scorre nel diodo LED diventa non trascurabile, $I_{diodo} = V_{gen}/R$, con $R = (988 \pm 2)\Omega$. La soglia di inizio regime lineare è impostata a $I > 3mA$ e successivamente a $I > 5mA$. Si calcola la tensione diretta applicata al diodo $V_d = V' + cost$ (tensione in cui si osserva il "ginocchio") mediante l'intersezione della retta di fit con l'asse x (V') e propagando statisticamente l'errore.

$$\nu = \frac{e}{h} V' + cost$$

Eseguendo il grafico frequenza emessa dal LED in funzione della tensione di soglia, si ricava la costante $\frac{e}{h}$.
Errore sulle frequenze propagato statisticamente dalle lunghezze d'onda: $\sigma(\nu) = \nu \frac{\sigma(\lambda)}{\lambda}$

1.3 Risultati

Con soglia di corrente $3mA$: $\frac{h}{e} = (2.42 \pm 0.05) 10^{14} C/Js$
Con soglia di corrente $5mA$: $\frac{h}{e} = (2.37 \pm 0.09) 10^{14} C/Js$

La variazione di e/h variando la soglia di corrente rientra nell'errore di e/h; si esegue una media pesata per la miglior stima:

$$\frac{h}{e} = (2.41 \pm 0.04)10^{14}\frac{C}{Js}$$

Utilizzando il criterio dei 3 sigma risulta compatibile con la predizione teorica.

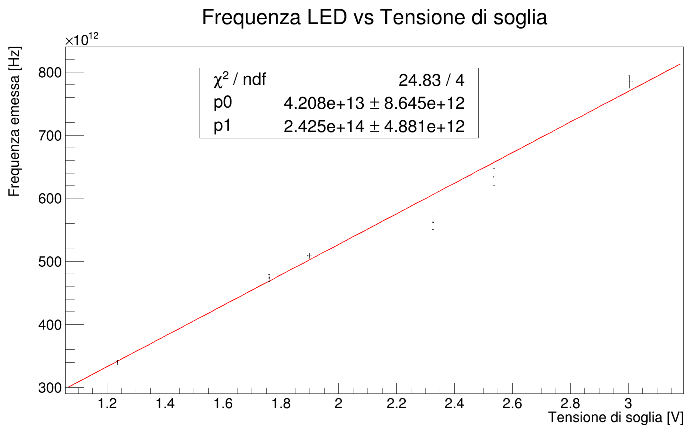
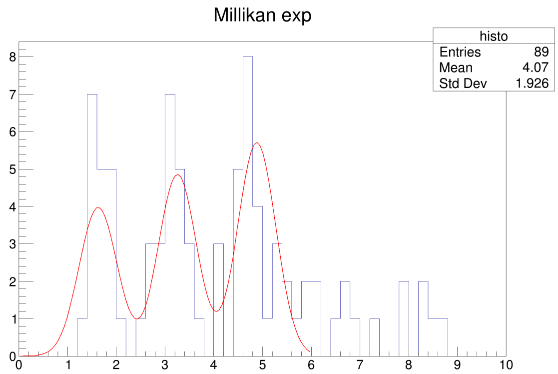


Figura 2: dati con soglia a 3 mA

2 Analisi esperimento di Millikan

L'istogramma è realizzato con un numero di bin scelto in modo tale da non perdere l'andamento delle distribuzioni. Notando i picchi equidistanti, si fitta con una funzione composta da tre gaussiane sommate. Le gaussiane avranno stessa deviazione standard e picchi centrati in multipli dello stesso valore, corrispondente alla carica elementare. Fit di Likehood binned extended eseguito fino a 6 per dati successivi poco distinguibili. Ogni gaussiana viene moltiplicata per una costante di normalizzazione diversa; segue la funzione utilizzata:

```
[2]*TMath::Gaus(x,[0],[1])+[3]*TMath::Gaus(x,2*[0],[1])+[4]*TMath::Gaus(x,3*[0],[1])
```



Il valore in cui è centrata la prima gaussiana risulta compatibile con il valore di carica elementare:

$$e = (1.626 \pm 0.023) \cdot 10^{-19}C$$

3 Combinazione dei risultati. Estrazione di e/h/k

La seguente funzione di χ^2 viene utilizzata per minimizzare i parametri e, h, k e trovare la loro migliore stima partendo dai dati e, e/h, e/k, h/k misurati da tutti i gruppi:

$$\chi^2 = (\frac{e-\hat{e}}{\sigma(\hat{e})})^2 + (\frac{e/h - \hat{e}/\hat{h}}{\sigma(\hat{e}/\hat{h})})^2 + (\frac{e/k - \hat{e}/\hat{k}}{\sigma(\hat{e}/\hat{k})})^2 + (\frac{h/k - \hat{h}/\hat{k}}{\sigma(\hat{h}/\hat{k})})^2$$

I valori con il cappuccio sono le quantità misurate, senza cappuccio i parametri da minimizzare per la miglior stima.

3.1 Dati provenienti da altri esperimenti

Di seguito la raccolta completa dei dati disponibili per l'analisi.

e $[10^{-19}C]$	e/h $[10^{14}C/Js]$	e/k $[10^{4}CK/J]$	h/k $[10^{-11}Ks]$
(1.626 ± 0.023)	(2.41 ± 0.04)	(1.13567 ± 0.00018)	(4.18 ± 0.06)
	(2.39 ± 0.06)	(1.15825 ± 0.00132)	(3.34 ± 0.09)
	(2.44 ± 0.06)	(1.11610 ± 0.00031)	(4.00 ± 0.16)
	(2.38 ± 0.05)		(3.81 ± 0.09)
			(3.33 ± 0.14)
			(5.77 ± 0.19)

3.2 Risultati

Minimizzazione della funzione χ^2 eseguita con TMinuit e metodo MIGRAD + MINOS, per un calcolo più preciso degli errori. La prima stima è ricavata utilizzando una misura per tipologia di dato, scegliendo quello con incertezza minore (risultati nella colonna di sinistra). La seconda minimizzazione selezionando i dati più vicini al valore noto (risultati a destra).

$$e = (1.626 + -0.023) \cdot 10^{-19}C \qquad e = (1.626 + -0.023) \cdot 10^{-19}C$$

$$h = (6.30 + -0.11) \cdot 10^{-34}Js \qquad h = (6.24 + -0.11) \cdot 10^{-34}Js$$

$$k = (1.432 + -0.020) \cdot 10^{-23}J/K \qquad k = (1.404 + -0.020) \cdot 10^{-23}J/K$$

Per utilizzare tutti i dati a disposizione si è ipotizzato di minimizzare la funzione χ^2, sommando in quadratura tutte le misure disponibili:

$$\chi^2 = \left(\frac{e - \hat{e}}{\sigma(\hat{e})}\right)^2 + \left(\frac{e/h - \hat{e}/\hat{h}}{\sigma(\hat{e}/\hat{h})}\right)_i^2 + \left(\frac{e/k - \hat{e}/\hat{k}}{\sigma(\hat{e}/\hat{k})}\right)_j^2 + \left(\frac{h/k - \hat{h}/\hat{k}}{\sigma(\hat{h}/\hat{k})}\right)_k^2$$

con $i = \{1, ..., 4\}$, $j = \{1, 2, 3\}$ e $k = \{1, ..., 6\}$; si ottengono:

$$e = (1.626 + -0.022) \cdot 10^{-19}C$$

$$h = (6.17 + -0.09) \cdot 10^{-34}Js$$

$$k = (1.438 + -0.020) \cdot 10^{-23}J/K$$

Utilizzando quest'ultima analisi, si disegnano le regioni che nei piani (e,h) (h,k) (e,k) corrispondono al 68% di probabilità.

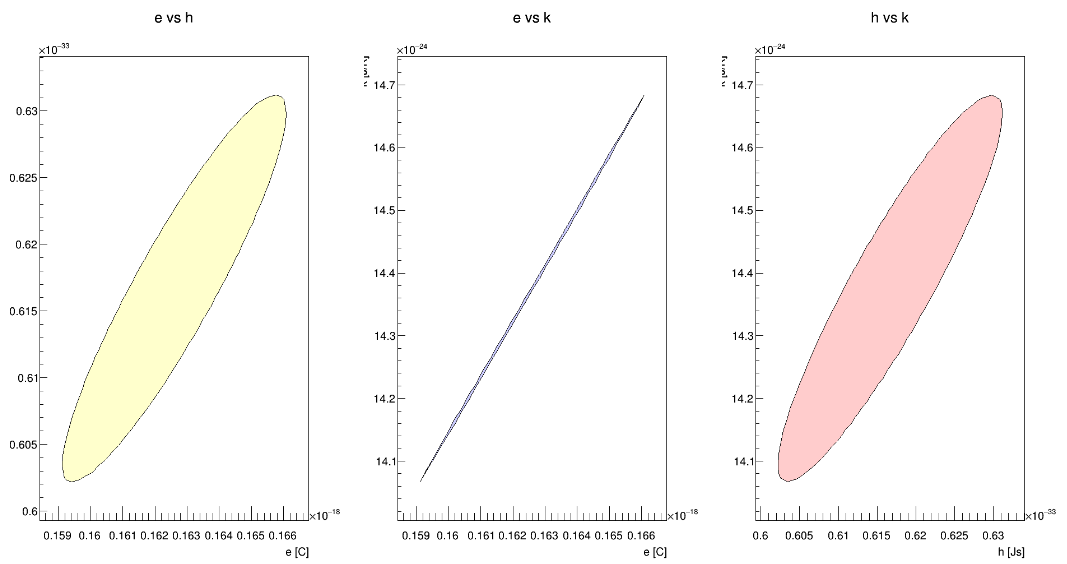


Figura 3: Contour regione al 68% di probabilità nello spazio dei parametri