

# Esperienza di Franck-Hertz

Gruppo BN  
Federico Belliardo, Marco Costa, Lisa Bedini

February 19, 2017

## 1 Scopo dell'esperienza

Obiettivo dell'esperienza è dimostrare la struttura discreta dei livelli energetici dell'atomo di neon e di stimarne l'energia di eccitazione mediante lo studio degli effetti dissipativi negli urti anelastici di elettroni su atomi di neon.

## 2 Materiale occorrente

- Tetrodo a gas neon ELWE U8482230.
- Sistema di alimentazione e lettura di corrente ELWE.
- Oscilloscopio.

## 3 Descrizione esperimento di Franck-Hertz

L'esperienza prevede lo studio delle collisioni anelastiche elettrone-atomo in un gas di Neon e della relativa fluorescenza indotta dall'eccitazione dei livelli energetici interni. Gli elettroni prodotti per effetto termoionico da un filamento al calor rosso sono accelerati attraverso due griglie di potenziale (tra le quali interagiscono con il neon) e raccolti poi da un anodo dal quale si misura l'intensità di corrente; questo dispositivo è detto tetrodo a gas. Di seguito è riportato un riassunto della nomenclatura riguardante le tensioni utilizzata nell'esperienza:

- $U_F$ : differenza di potenziale applicata al filamento (catodo) rispetto alla terra che ne regola la temperatura, è posta uguale a circa  $U_F = 8.0\text{ V}$  e tenuta costante.
- $U_G$ : differenza di potenziale applicata alla griglia di controllo rispetto al catodo, regola l'estrazione degli elettroni dal metallo per effetto fotoelettrico a freddo (effetto tunnel), questa tensione regola l'emissività del catodo cioè il numero di elettroni emessi per unità di tempo e quindi l'intensità della fluorescenza.
- $U_A$ : differenza di potenziale applicata tra il catodo e la griglia anodo al fine di accelerare gli elettroni, nella configurazione a rampa di potenziale questo valore indica il massimo potenziale raggiunto dall'anodo.
- $U_E$ : differenza di potenziale tra la griglia anodo e il collettore applicata al fine di stabilire un campo elettrico frenante per gli elettroni che emergono dall'anodo.

Un amplificatore operazionale a transimpedenza fornisce in uscita una tensione proporzionale alla corrente di collettore  $I_C$ .

## 4 Osservazioni qualitative

Per un valore fisso di  $U_G = 3.2 \pm 0.1\text{ V}$  (fisso durante l'esperienza) alle tensioni  $U_{A1} = 25 \pm 1\text{ V}$ ,  $U_{A2} = 41 \pm 1\text{ V}$ ,  $U_{A3} = 56 \pm 1\text{ V}$  si ottengono in sequenza le barre arancioni. Il parametro  $U_G$  regola la sola intensità della luminescenza (a causa del diverso numero di elettroni che fanno urto elastico) ma non influenza il fatto che la luminescenza appaia o meno.

Di seguito sono riportati tre grafici acquisiti con  $U_A = 80\text{ V}$  aumentando la persistenza dell'oscilloscopio in modalità x-y e variando la tensione di frenamento  $U_E$ .

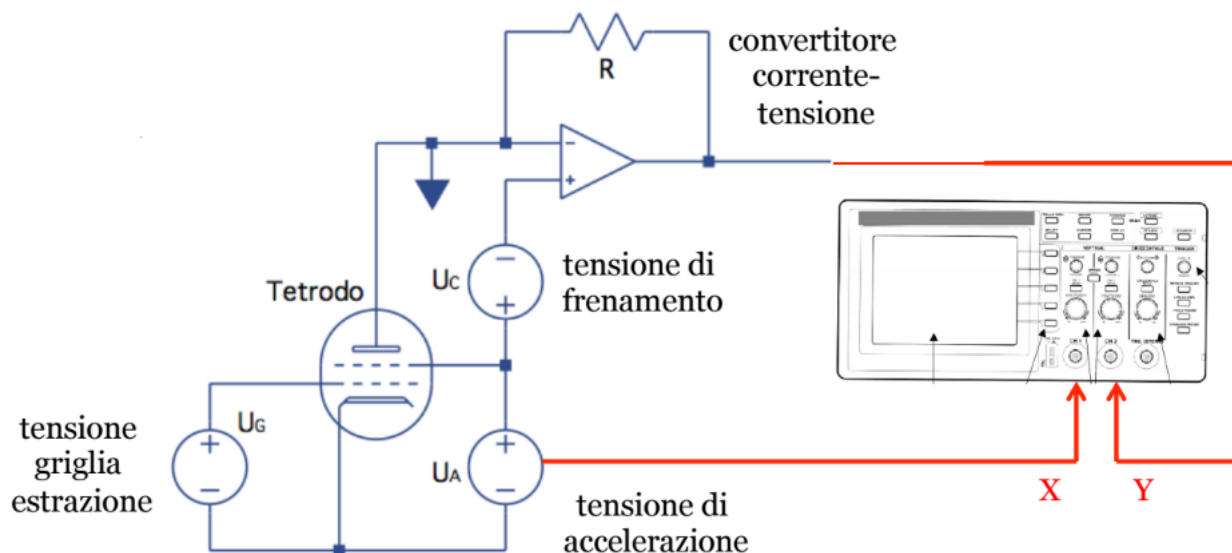


Figure 1: Schema circuito dell'esperimento e di acquisizione dati.

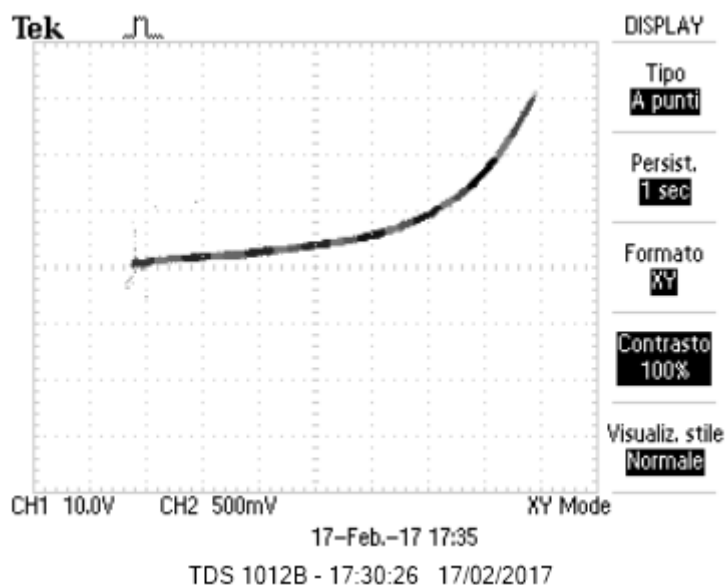


Figure 2: Corrente  $I_C$  per una tensione  $U_E = 0.0 V$

A  $U_E = 0.0 V$  l'andamento di  $I_C$  è monotono in funzione di  $U_A$ . Come si inizia ad aumentare  $U_E$  i minimi e i massimi compaiono e all'aumentare del potenziale di frenamento sono sempre più pronunciati. Per un valore fisso di  $U_A$  (massimo potenziale sull'anodo) il numero minimi e massimi della curva  $I_A - U_A$  non cambia al variare di  $U_E$ .

In particolare esiste un valore di  $U_E$  per cui i minimi della corrente sono tutti alla stessa altezza, questa situazione come si vede in 3 si ottiene per  $U_E = 9.6 V$ .

## 5 Raccolta ed elaborazione dati

Di seguito sono riportate le tabelle e i grafici contenuti i valori di  $U_A$  a cui si osservano i massimi e i minimi della corrente.

Si sono cinque *fit* di costanti utilizzando la funzione *curvefit* della libreria *pylab* con l'opzione *absolute sigma = "true"*. Di seguito si riportano i valori medi ottenuti dai fit con il relativo errore e  $\chi^2$ .

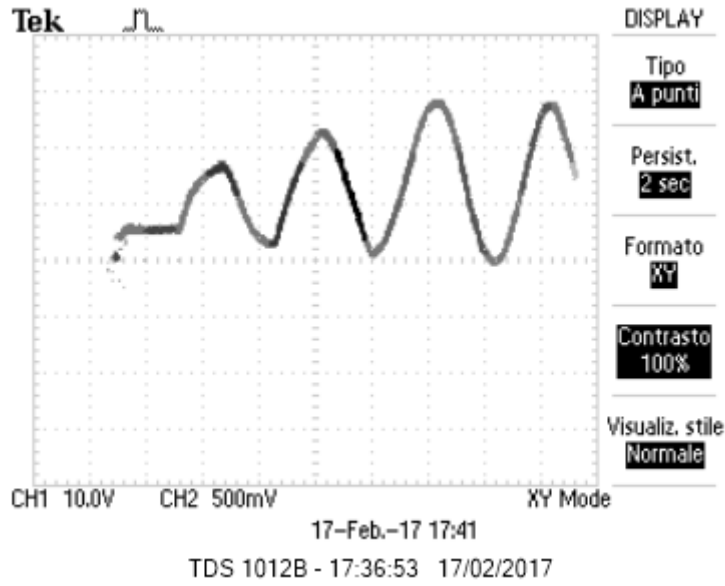


Figure 3: Corrente  $I_C$  per una tensione  $U_E = 9.6 V$

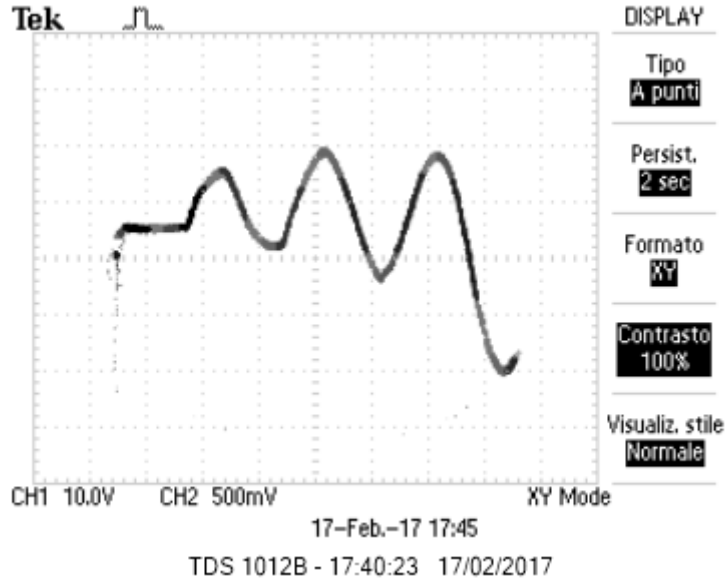


Figure 4: Corrente  $I_C$  per una tensione  $U_E = 10.9 V$

$U_E(V)$	$U_A(V)$	$U_A(V)$	$U_A(V)$
$2.9 \pm 0.1 V$	$22 \pm 2$	$40 \pm 2$	$58 \pm 2$
$6.0 \pm 0.1 V$	$24 \pm 2$	$42 \pm 2$	$62 \pm 2$
$9.5 \pm 0.1 V$	$28 \pm 2$	$46 \pm 2$	66

Table 1: Tabella dei minimi di  $U_A$  in funzione di  $U_E$ .

$U_E(V)$	$U_A(V)$	$U_A(V)$	$U_A(V)$
$2.9 \pm 0.1 V$	$20 \pm 2$	$38 \pm 2$	$58 \pm 2$
$6.0 \pm 0.1 V$	$18 \pm 2$	$35 \pm 2$	$55 \pm 2$
$9.5 \pm 0.1 V$	$18 \pm 2$	$36 \pm 2$	$54 \pm 2$

Table 2: Tabella dei massimi di  $U_A$  in funzione di  $U_E$ .

Di seguito sono riportati i grafici della corrente in unità arbitrarie, i grafici sono stati ottenuti dopo un processo di media operato con uno script Python per "ripulire" il grafico dagli effetti della digitalizzazione operata

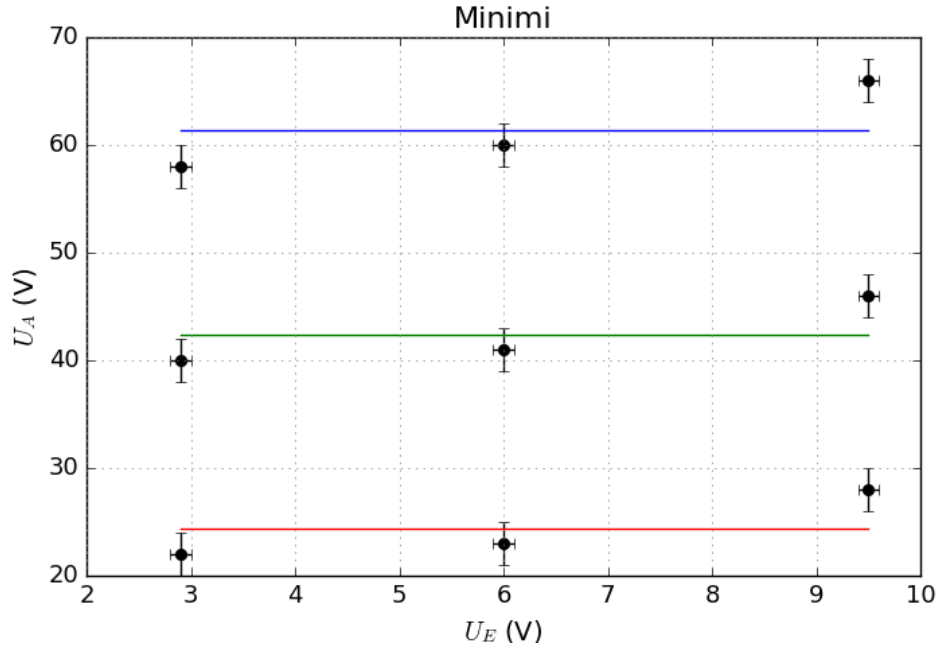


Figure 5: Tabella dei minimi di  $U_A$  in funzione di  $U_E$ .

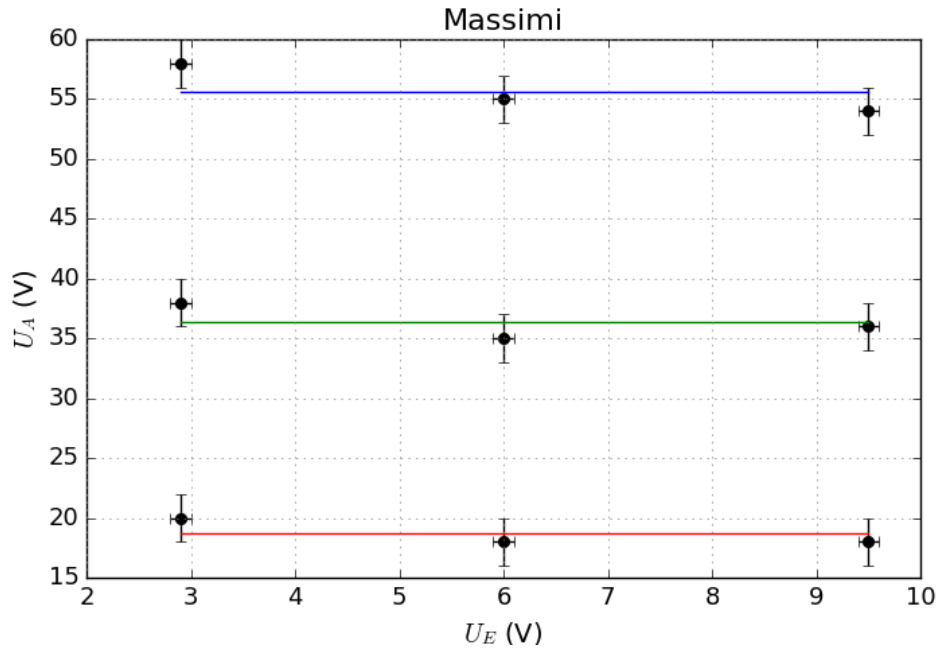


Figure 6: Tabella dei massimi di  $U_A$  in funzione di  $U_E$ .

$U_A$ (V)	$\chi^2/2$
$24 \pm 1$	$5/2$
$42 \pm 1$	$5/2$
$61 \pm 1$	$8/2$

Table 3: Tabella dei minimi medi di  $U_A$ .

dall'acquisizione automatica dei dati con l'oscilloscopio.

Se la differenza di potenziale frenante è nulla non c'è possibilità di frenare gli elettroni e anche quelli che hanno interagito subito prima del ricevente accelerano nel piccolo spazio a disposizione e partecipano alla corrente. Pertanto a  $U_E = 0$  non si osserva il comportamento oscillante della corrente anche se si vedono le bande

$U_A$ (V)	$\chi^2/2$
$18 \pm 1$	$0.6/2$
$36 \pm 1$	$1/2$
$55 \pm 1$	$2/2$

Table 4: Tabella dei massimi medi di  $U_A$ .

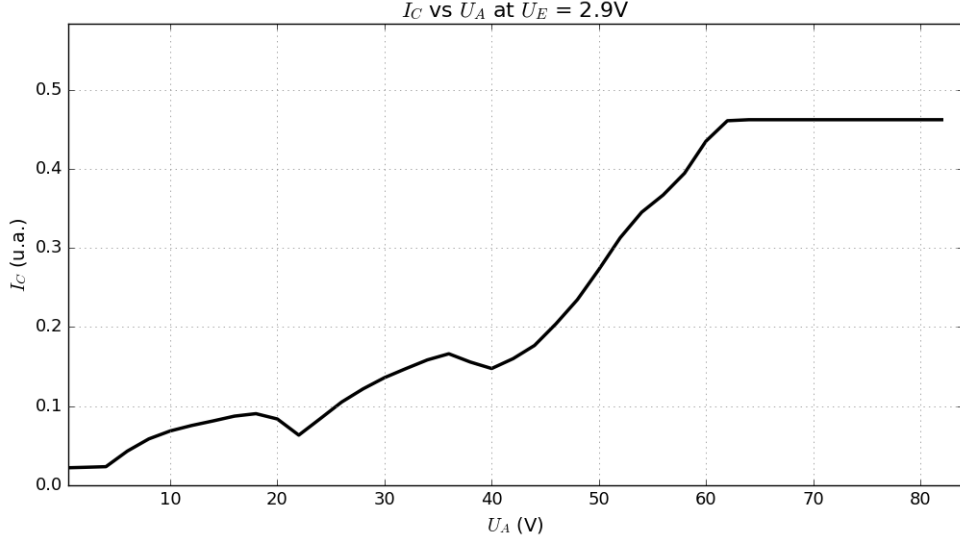


Figure 7: Grafico della corrente  $I_C$  in funzione di  $U_A$  a  $U_E = 2.9V$

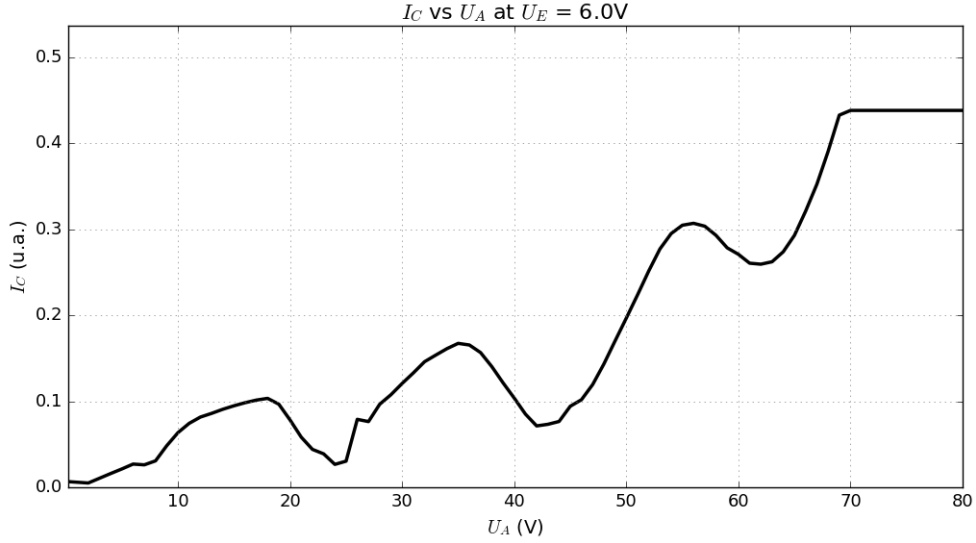


Figure 8: Grafico della corrente  $I_C$  in funzione di  $U_A$  a  $U_E = 6.0V$

luminose.

## 6 Conclusioni

Le tensioni  $U_A$  a cui si osservano i massimi sono sistematicamente più basse di quelle misurate al punto 1, poiché il nostro occhio nudo non riusciva a vedere la luminescenza quando ancora troppo flebile, anche se era già cominciato il processo di eccitazione.

Il valore di  $U_A$  a cui si trovano i minimi aumenta all'aumentare della differenza di potenziale frenante, mentre le posizioni dei massimi rimangono circa costanti.

Non si trova un valore di  $U_E$  a cui si osservano più nitide le bande di luminescenza.

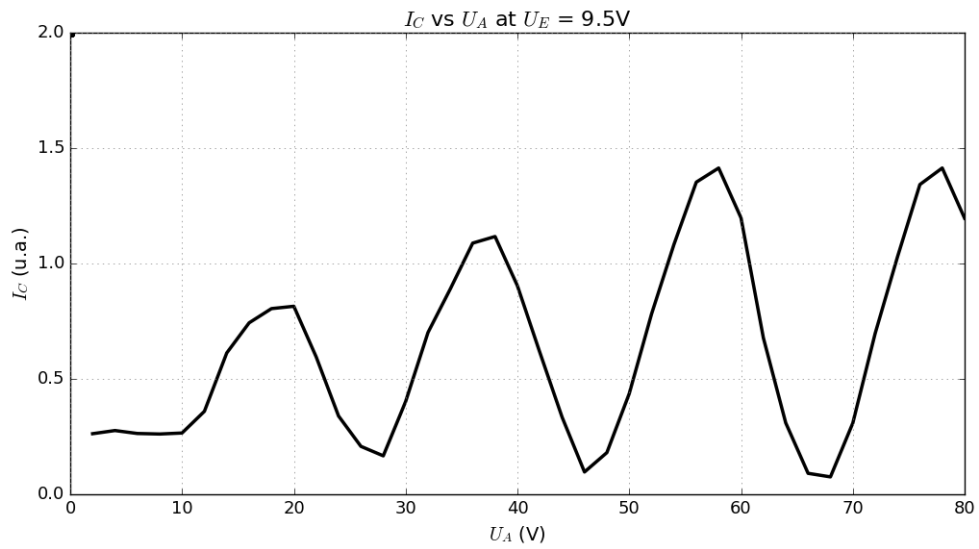


Figure 9: Grafico della corrente  $I_C$  in funzione di  $U_A$  a  $U_E = 9.5\text{ V}$

Con i pochi picchi che si sono ottenuti non è pensabile di provare a fornire una stima del cammino libero medio degli elettroni nel neon.