

# Esercitazione N.9

## Esperimento di Franck-Hertz

Luca Bonatti, Marco Cardinali e Francesco Lucarelli  
Gruppo G08

23 febbraio 2016

### Introduzione e finalità

Scopo dell'esperienza è studiare il comportamento quantistico dei livelli energetici dell'atomo di Neon e stimarne l'energia tramite l'osservazione della radiazione emessa dagli urti anelastici tra elettroni e atomi di Neon.

Nel seguito si userà per le tensioni la stessa nomenclatura adottata dalla scheda.

### Svolgimento dell'esperienza

Per prima cosa si è regolata la tensione ai capi del filamento al valore di  $U_F = 8,0 \pm 0,1$  V (per l'errore si è presa la sensibilità strumentale) in modo da permettere la produzione di elettroni per effetto termoionico. Gli elettroni così prodotti vengono raccolti nella griglia del catodo tramite l'applicazione del potenziale  $U_G$  e quindi accelerati nella zona compresa tra le due griglie, contenente il Neon, dalla ddp  $U_A - U_G$ .

Variando  $U_A$  compaiono delle righe luminose di colore arancione che corrispondono al rilassamento degli atomi di Neon precedentemente eccitati dall'urto anelastico con gli elettroni accelerati. Dal momento che il trasferimento di energia è quantizzato gli elettroni riescono ad eccitare il Neon solo se possiedono energia sufficiente e poichè l'energia degli elettroni è proporzionale alla distanza percorsa, si osservano delle bande luminose separate che si avvicinano al catodo all'aumentare di  $U_A$ . Poichè  $U_G$  regola la raccolta degli elettroni prodotti dal catodo, al crescere del suo valore si osservano righe più intense dovute al fatto che aumenta il numero degli urti e quindi dei fotoni emessi.

Di seguito sono riportate le tensioni  $U_{A1}$   $U_{A2}$   $U_{A3}$  alle quali compaiono rispettivamente la prima, la seconda e la terza riga luminosa:

$$U_{A1} = 21,0 \pm 0,5 \text{ V} \quad U_{A2} = 36,0 \pm 0,5 \text{ V} \quad U_{A3} = 57,5 \pm 0,5 \text{ V}$$

Per l'errore si è tenuto conto della sensibilità dello strumento e dell'intervallo di valori in cui era visivamente apprezzabile la comparsa della riga luminosa all'anodo.

In figura 3 è riportato l'andamento di  $I_C$  contro  $U_A$  per valori crescenti di  $U_E$  in modalità X-Y.

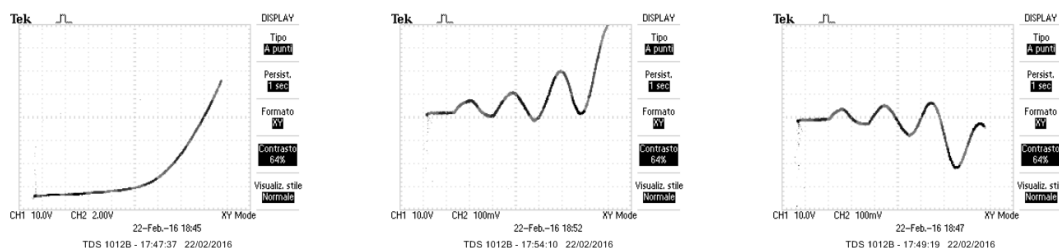


Figura 1:  $I_C$  vs  $U_A$  al variare di  $U_E$  in modalità X-Y

Dato che  $U_E - U_A$  è il potenziale frenante tra griglia anodo e collettore, per piccoli valori quasi tutti gli elettroni, anche se subiscono un urto anelastico, riescono a raggiungere il collettore e dar luogo ad una corrente  $I_C$  come si vede nella prima immagine di figura 1 (dove  $U_E = 0,3 \pm 0,1$  V). Nella seconda immagine ( $U_E = 10,1 \pm 0,1$  V) non tutti gli elettroni che urtano anelasticamente riescono a superare la barriera di potenziale  $U_E - U_A$ , producendo così il tipico andamento della curva di Franck ed Hertz. Nell'ultima immagine infine la barriera di potenziale è talmente elevata ( $U_E = 12,0 \pm 0,1$  V) da impedire il passaggio della maggior parte degli elettroni.

Disattivando la modalità X-Y dell'oscilloscopio si sono acquisite le immagini di figura 1. Da queste si è poi estrapolata la tabella 1 in cui sono riportati i valori delle tensioni  $U_A$  corrispondenti ai massimi di  $I_C$ .

$U_E$ [V]	$U_{A1}^{max}$ [V]	$U_{A2}^{max}$ [V]	$U_{A3}^{max}$ [V]
$10,2 \pm 0,1$	$18 \pm 2$	$34 \pm 2$	$52 \pm 3$
$9,0 \pm 0,1$	$17 \pm 2$	$32 \pm 2$	$52 \pm 3$
$8,0 \pm 0,1$	$18 \pm 2$	$34 \pm 2$	$52 \pm 3$
$7,0 \pm 0,1$	$18 \pm 2$	$32 \pm 2$	$51 \pm 3$
$6,0 \pm 0,1$	$16 \pm 2$	$30 \pm 2$	
$5,0 \pm 0,1$	$16 \pm 2$	$32 \pm 2$	

Tabella 1: Valori di  $U_A$  in corrispondenza dei massimi di  $I_C$

Tali dati sono stati ottenuti in un secondo momento utilizzando squadre e matita: abbiamo proiettato il massimo di  $I_C$  sulla retta di  $U_A$  e misurato la sua altezza rispetto all'inizio della rampa. Con una proporzione, tenendo conto del fattore di scala riportato sullo schermo dell'oscilloscopio, siamo giunti alle misure in tabella. Per gli errori abbiamo sommato in quadratura l'incertezza strumentale dell'oscilloscopio (3%) e lo spessore del segnale su carta.

Si nota dalla tabella che nella colonna di  $U_{A3}$  mancano dei valori. Ciò è dovuto al fatto che il picco corrispondente non era visualizzabile neanche aggiustando opportunamente la scala dell'oscilloscopio. Non abbiamo riportato i dati per tutte le immagini acquisite perchè, come si vede in figura 3, per i valori di  $U_E$  inferiori a 5 V i picchi di  $I_C$  non sono ben determinabili. Dai valori si evince che le tensioni corrispondenti ai massimi di  $I_C$  sono pressochè costanti al variare di  $U_E$  (tutte le misure rientrano nell'errore). Con questi dati è stato eseguito un fit che ha restituito i seguenti valori per le tensioni  $U_A$  corrispondenti ai massimi della corrente:

$$U_{A1}^{max} = 17,2 \pm 0,2 \text{ V} \quad U_{A2}^{max} = 32,3 \pm 0,4 \text{ V} \quad U_{A3}^{max} = 51,7 \pm 0,1 \text{ V}$$

Si nota però che tali valori non sono perfettamente compatibili con quelli riportati a inizio relazione. Riteniamo che ciò sia dovuto al fatto che l'osservazione della comparsa della riga in prossimità dell'anodo non è così evidente.

Nella tabella 2 sono riportati i valori di  $U_A$  corrispondenti ai minimi di  $I_C$ . I dati sono acquisiti nello stesso modo dei precedenti di tabella 1.

$U_E$ [V]	$U_{A1}^{min}$ [V]	$U_{A2}^{min}$ [V]	$U_{A3}^{min}$ [V]
$10,2 \pm 0,1$	$26 \pm 2$	$42 \pm 2$	$58 \pm 3$
$9,0 \pm 0,1$	$24 \pm 2$	$40 \pm 2$	$58 \pm 3$
$8,0 \pm 0,1$	$25 \pm 2$	$40 \pm 2$	$56 \pm 3$
$7,0 \pm 0,1$	$24 \pm 2$	$38 \pm 2$	$56 \pm 3$
$6,0 \pm 0,1$	$22 \pm 2$	$38 \pm 2$	
$5,0 \pm 0,1$	$22 \pm 2$	$36 \pm 2$	

Tabella 2: Valori di  $U_A$  in corrispondenza dei minimi di  $I_C$

Si sono poi riportati i valori delle due tabelle nei grafici di figura 2.

Si osserva che le tensioni relative ai massimi e ai minimi di  $I_C$  si mantengono costanti al variare di  $U_E$ , in accordo con le aspettative dal momento che i punti stazionari della corrente dipendono dai soli urti anelastici.

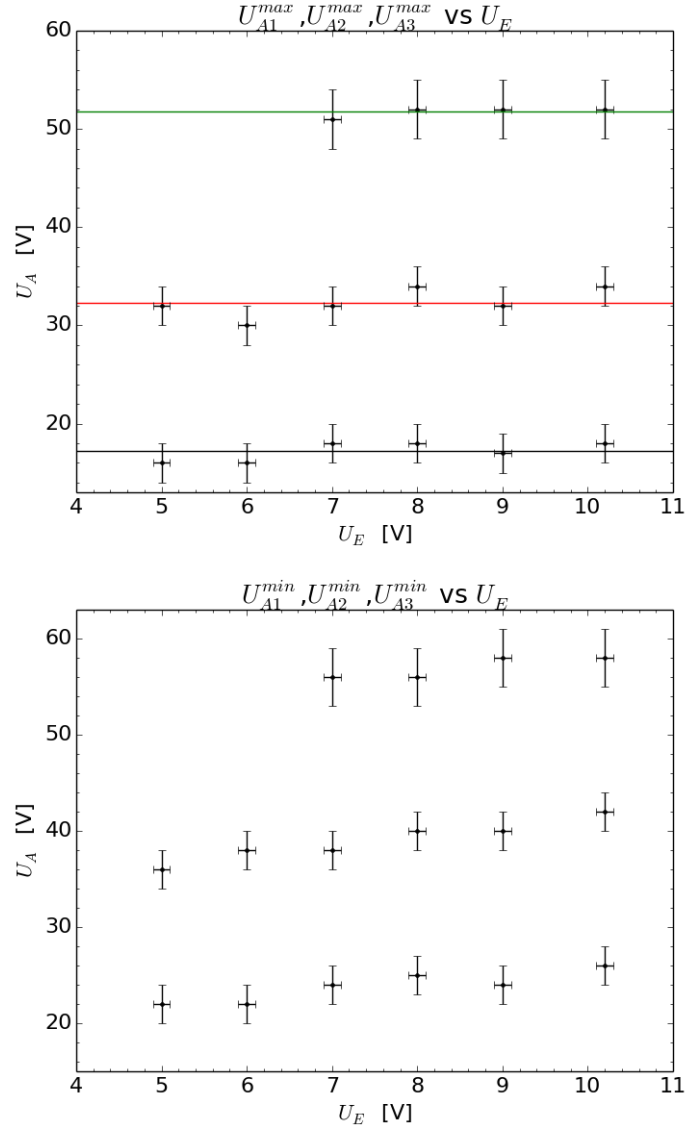
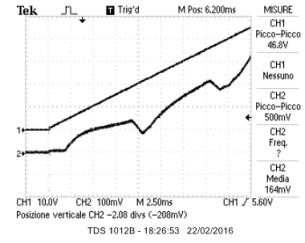
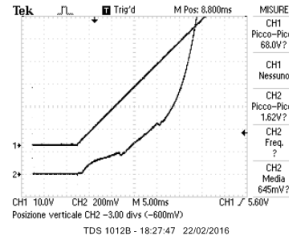
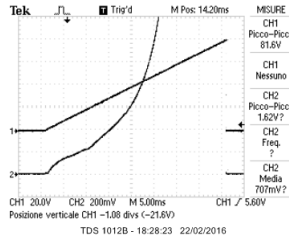
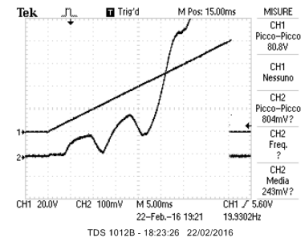
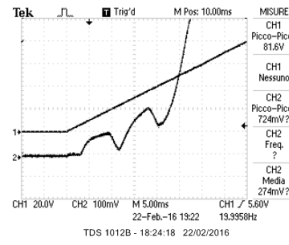
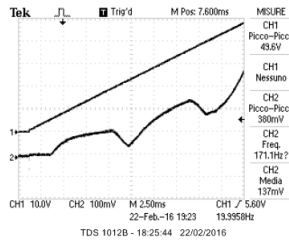


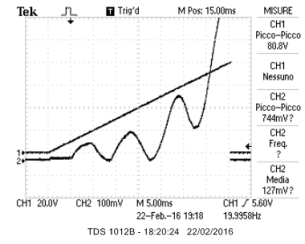
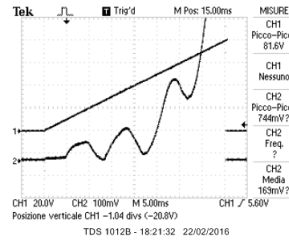
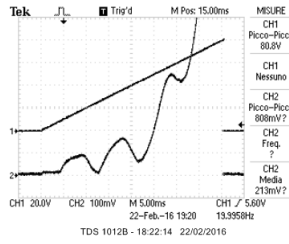
Figura 2: Tensione  $U_A$  relativa ai massimi (in alto) e ai minimi (in basso) di  $I_C$  al variare di  $U_E$



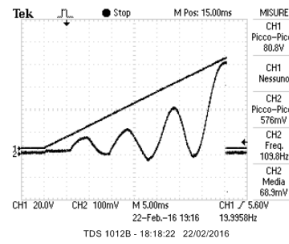
$$U_E = 0,3, U_E = 1,0 \text{ e } U_E = 2,5$$



$$U_E = 4,0, U_E = 5,0 \text{ e } U_E = 6$$



$$U_E = 7,0, U_E = 8,0 \text{ e } U_E = 9$$



$$U_E = 10,2$$

Figura 3:  $I_C$  e  $U_A$  al variare di  $U_E$