

Franck-Hertz-Röhre mit Ne-Füllung auf Anschlusssockel

1000912 / U8482230

Bedienungsanleitung

04/12 ALF



- 1 BNC-Anschluss
- 2 Abschirmzylinder mit Beobachtungsfenster
- 3 Franck-Hertz-Röhre
- 4 Sockel mit Anschlussbuchsen

1. Sicherheitshinweise

- Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen. Anschlussdrähte nicht verbiegen. Glasbruch- und damit Verletzungsgefahr.

2. Beschreibung

Die Franck-Hertz-Röhre ist eine Tetrode mit einer indirekt geheizten Bariumoxydkatode K, einem netzförmigen Steuergitter G, einer netzförmigen Anode A und einer Auffängerelektrode E (siehe Fig. 1). Die Elektroden sind planparallel angeordnet. Der Abstand

Steuergitter - Anodengitter beträgt etwa 5 mm, die Abstände Katode - Steuergitter und Anode - Auffängerelektrode jeweils etwa 2 mm. Der Neongasdruck wird im Rahmen der Fertigung dieser Röhre auf eine optimale Kennlinie hin gewählt und liegt im Bereich einiger hPa.

Die Anschlussbuchsen für Heizung, Steuergitter und Anodengitter befinden sich auf der Sockelplatte der Röhre. Der Auffängerstrom wird an der BNC-Buchse am oberen Ende des Abschirmzylinders abgegriffen. Zwischen der Anschlussbuchse für die Beschleunigungsspannung und der Anode der Röhre ist ein Begrenzungswiderstand (10 k Ω) fest eingebaut. Durch ihn ist die Röhre geschützt, falls sie bei zu hoher

Spannung durchzünden sollte. Der Spannungsabfall an diesem Widerstand kann bei den Messungen vernachlässigt werden, denn der Anodenstrom der Röhre ist kleiner als 5 pA. (Spannungsabfall am Schutzwiderstand 0,05 V).

3. Technische Daten

Heizspannung:	4 – 12 V
Steuerspannung:	9 V
Beschleunigungsspannung:	max. 80 V
Gegenspannung:	1,2 – 10 V
Röhre:	ca. 130 x 26 mm Ø
Anschlusssockel:	ca. 190x115x115 mm ³
Masse:	ca. 450 g

4. Allgemeine Grundlagen

Beim Franck-Hertz-Experiment an Neon werden Neon-Atome durch inelastischen Elektronenstoß angeregt. Die angeregten Atome emittieren sichtbares Licht, das unmittelbar beobachtet werden kann. Man erkennt Zonen hoher Leucht- bzw. hoher Anregungsdichte, deren Lage zwischen Kathode und Gitter von der Spannungsdifferenz zwischen beiden abhängt:

Aus der Kathode treten Elektronen aus und werden durch eine Spannung U zum Gitter beschleunigt. Sie gelangen durch das Gitter hindurch zum Auffänger und tragen zum Auffängerstrom I bei, wenn ihre kinetische Energie zur Überwindung der Gegenspannung zwischen Gitter und Auffänger ausreicht.

Die $I(U)$ -Kennlinie (siehe Fig. 3) weist ein ähnliches Muster wie beim Franck-Hertz-Versuch an Quecksilber auf jedoch in Spannungsintervallen von etwa 19 V. D.h. der Auffängerstrom fällt bei einem bestimmten Wert $U = U_1$ bis fast auf Null ab, da die Elektronen kurz vor dem Gitter ausreichende kinetische Energie erreichen, um durch inelastischen Stoß die zur Anregung eines Neon-Atoms erforderliche Energie abzugeben. Gleichzeitig beobachtet man in der Nähe des Gitters ein orangerotes Leuchten, da einer der Übergänge der relaxierenden Neon-Atome orangerotes Licht emittiert. Die leuchtende Zone wandert mit wachsender Spannung U zur Kathode, gleichzeitig steigt der Auffängerstrom I wieder an.

Bei noch größerer Spannung $U = U_2$ fällt der Auffängerstrom ebenfalls drastisch ab und man beobachtet zwei leuchtende Zonen: eine in der Mitte zwischen Kathode und Gitter und eine direkt am Gitter. Die Elektronen können hier nach dem ersten Stoß ein zweites Mal so viel Energie aufnehmen, dass sie ein zweites Neon-Atom anregen können.

Mit weiter steigenden Spannungen können schließlich weitere Abnahmen des Auffängerstroms und weitere Leuchtstufen beobachtet werden.

Die $I(U)$ -Kennlinie weist mehrere Maxima und Minima auf: Der Abstand der Minima beträgt etwa $\Delta U = 19$ V. Dies entspricht den Anregungsenergien der 3p-Niveaus im Neon-Atom (siehe Fig. 4), die mit größter Wahrscheinlichkeit angeregt werden. Die Anregung der 3s-Niveaus kann nicht völlig vernachlässigt werden und verursacht eine Unterstruktur in der $I(U)$ -Kennlinie.

Die Leuchtstufen sind Zonen hoher Anregungsdichte und entsprechen den Stromabnahmen in der $I(U)$ -Kennlinie. Es wird jeweils eine zusätzliche Leuchtstufen erzeugt, wenn man U um ca. 19 V erhöht.

Hinweise

Das erste Minimum liegt nicht bei 19 V, sondern ist um die so genannte Kontaktspannung zwischen Kathode und Gitter verschoben.

Die emittierten Neon-Spektrallinien können mit dem Spektroskop (1003184 / U21877) problemlos beobachtet und ausgemessen werden, wenn man die maximale Spannung U wählt.

5. Bedienung

Für die Durchführung des Experiments sind folgende Geräte zusätzlich erforderlich:

1 Betriebsgerät für F/H Experiment (230 V, 50/60 Hz)
1012819

oder

1 Betriebsgerät für F/H Experiment (115 V, 50/60 Hz)
1012818

1 Analog-Oszilloskop, 2x 30 MHz 1002727 / U11175

1 HF-Kabel, 1 m 1002746 / U11255

2 HF-Kabel, BNC / 4-mm-Stecker 1002748 / U11257

Sicherheitsexperimentierkabel

- Betriebsgerät zunächst ausgeschaltet lassen, mit allen Stellknöpfen auf linkem Anschlag.
- Beschaltung gemäß Fig. 2 vornehmen.
- Betriebsgerät einschalten, das Gerät befindet sich im Rampenmodus.
- Oszilloskop im XY-Modus mit den Einstellungen $x = 1$ V/Div und $y = 2$ V/Div betreiben.
- Heizspannung langsam erhöhen bis der Heizfaden anfängt schwach rötlich zu glühen. Dann ca. 30 Sekunden warten bis die Betriebstemperatur erreicht ist.
- Beschleunigungsspannung von 80 V und Steuergitterspannung von 9 V wählen.

Die optimale Heizspannung liegt zwischen 4 und 12 V. Sie ist fertigungsbedingt von Röhre zu Röhre unterschiedlich.

- Heizspannung langsam weiter erhöhen bis ein orangefarbenes Leuchten zwischen der Katode und Steuergitter sichtbar wird. Jetzt die Heizspannung langsam so weit zurück drehen bis das Leuchten verschwindet und nur noch der Heizfaden glüht.
- Gegenspannung langsam erhöhen bis die Messkurve (Signal gegen Beschleunigungsspannung) fast waagrecht liegt.
- Verstärkung so weit erhöhen bis die Entstehung der Maxima der Franck-Hertz-Kurve auf dem Bildschirm des Oszilloskops zu beobachten ist.

6. Entsorgung

- Die Verpackung ist bei den örtlichen Recyclingstellen zu entsorgen.
- Sofern das Gerät selbst verschrottet werden soll, so gehört dieses nicht in den normalen Hausmüll. Es sind die lokalen Vorschriften zur Entsorgung von Elektroschrott einzuhalten.

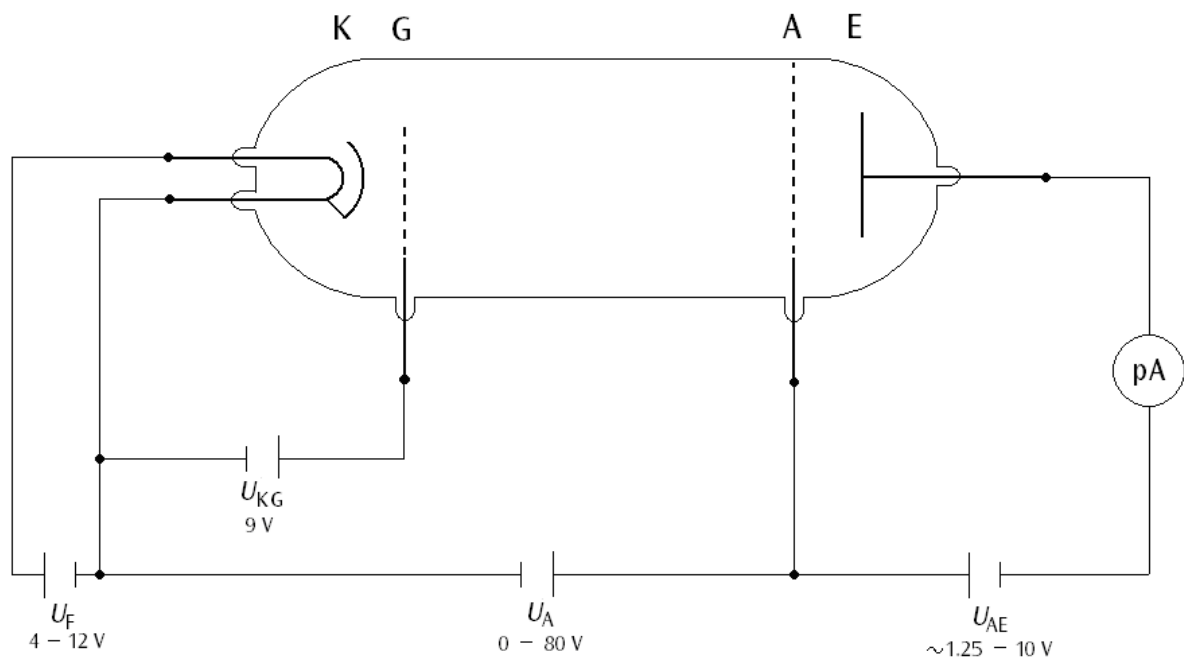
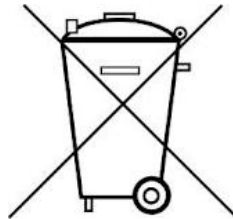


Fig. 1 Schematischer Aufbau zur Aufzeichnung der Franck-Hertz-Kurve an Neon (K Katode, G Steuergitter, A gitterförmige Anode, E Auffängerelektrode)

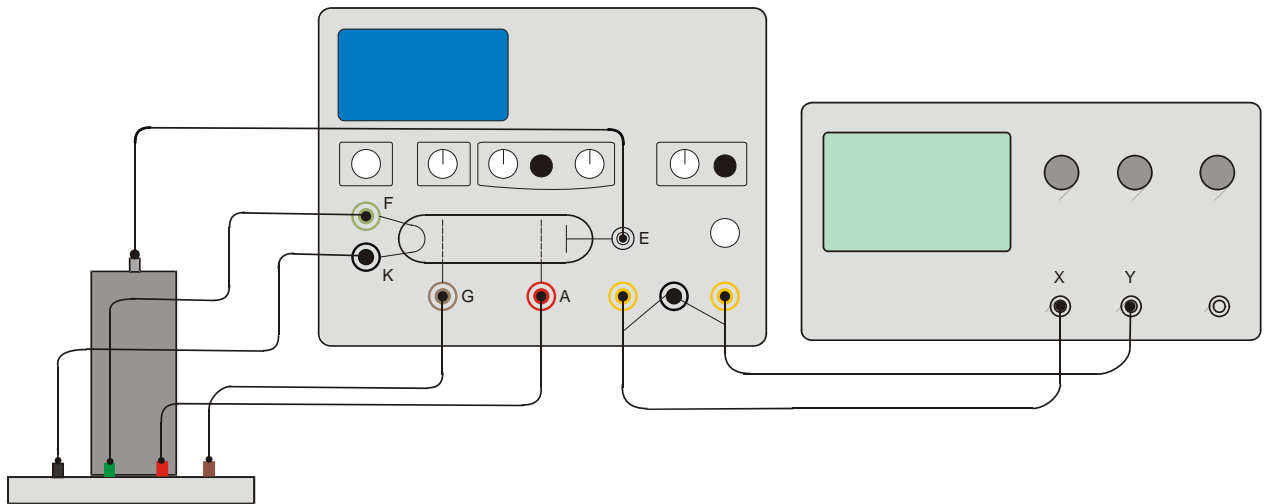


Fig. 2 Experimenteller Aufbau Franck-Hertz-Röhre mit Ne-Füllung

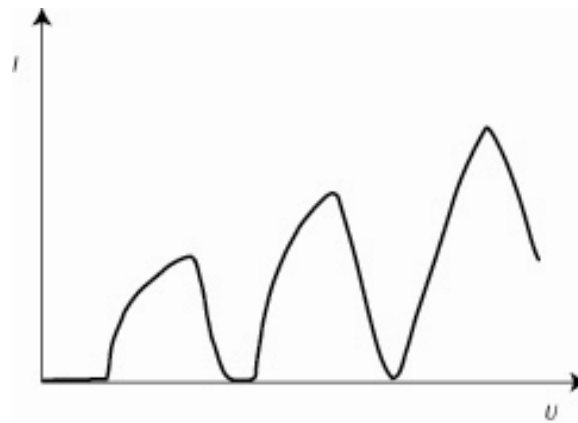


Fig. 3 Auffängerstrom I in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U

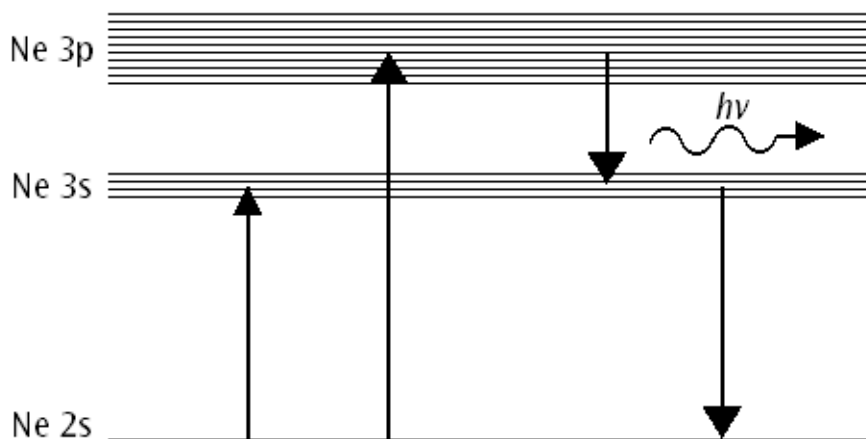


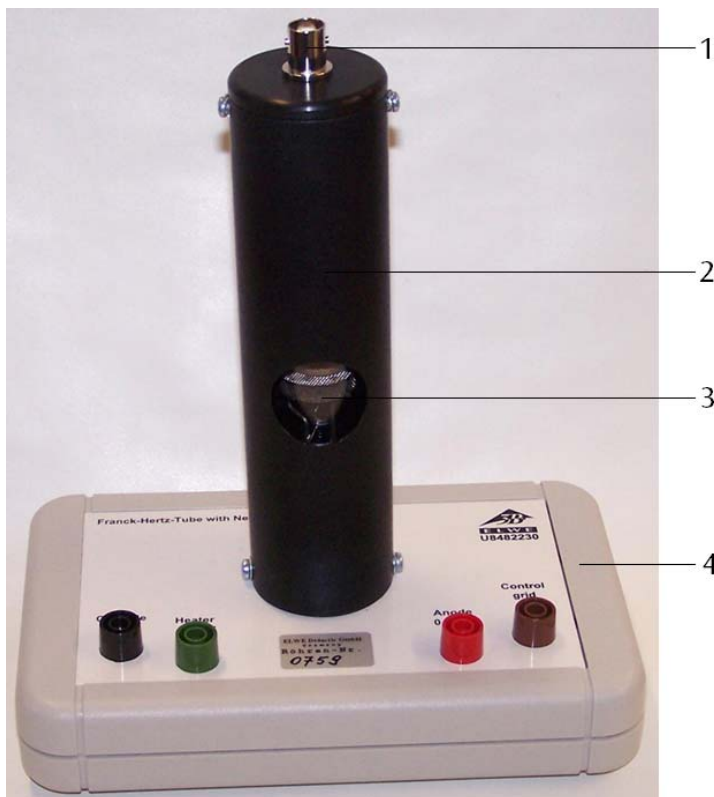
Abb. 4 Energieschema der Neon-Atome

Franck-Hertz Tube with Ne Filling on Base

1000912 / U8482230

Instruction sheet

04/12 ALF



- 1 BNC connector
- 2 Screening cylinder with observation window
- 3 Franck-Hertz tube
- 4 Base with connector sockets

1. Safety instructions

- Do not subject the tube to any mechanical stress. Do not put kinks in any connecting leads. There is always a risk that glass can break and cause injury.

2. Description

The Franck-Hertz tube is a tetrode with an indirectly heated barium oxide cathode K, a mesh-type control grid G, a mesh-type anode A, and a collector electrode E (see Fig. 1). The electrodes are in a plane-parallel

configuration. The distance between the control grid and the anode grid is about 5 mm, and the distances between the cathode and the control grid and between the anode and the collector electrode are both about 2 mm. The tube is supplied already filled with neon gas at a pressure chosen to give an optimum characteristic curve, which is in the region of several hPa.

The connecting sockets for the heater, control grid and anode grid voltages are on the base of the instrument. The collector current is taken off through the BNC socket at the top end of the screening cylinder. An internal 10 k Ω limiting resistor is permanently built in between the connector sockets for the

accelerator (control grid) voltage and the anode voltage. This protects the tube in case there is a spark discharge caused by applying too high a voltage. The voltage loss in this resistor when making measurements is negligible, as the anode current in the tube is smaller than 5 pA. (Thus the voltage loss in the protecting resistor is 0.05 V.)

3. Technical data

Filament voltage:	4 – 12 V
Control voltage:	9 V
Accelerating voltage:	max. 80 V
Countervoltage:	1.2 – 10 V
Tube:	130 x 26 mm dia. approx.
Base with connector sockets:	190x115x115 mm ³ approx.
Weight:	450 g approx.

4. Basic principles

In the Franck-Hertz experiment neon atoms are excited by inelastic collision with electrons. The excited atoms emit visible light that can be viewed directly. Thus it is possible to detect zones where the light and therefore the excitation is more intense. The distribution of such zones between the cathode and the grid depends on the difference in potential between the two:

Electrons are emitted from the cathode and are accelerated by a voltage U towards the grid. Having passed through the grid they reach the target and thus contribute to a target current I if their kinetic energy is sufficient to overcome a decelerating voltage between the grid and the target.

The $I(U)$ -characteristic (see Fig. 3) has a similar pattern to the original Franck-Hertz experiment using mercury gas but this time the intervals between minima where the current falls to almost zero for a specific voltage $U = U_1$, corresponding to the electrons reaching sufficient kinetic energy to excite a neon atom by inelastic collision just before reaching the grid are about 19 V. Simultaneously it is possible to observe a faint orange light close to the grid since the energy transition to the base state of a neon atom results in the emission of such light. The zone of illumination moves towards the cathode as the voltage U increases and the target current I rises once more.

For a higher voltage $U = U_2$ the target current also drops drastically and it is possible to see two zones of illumination. The electrons can in this case retain enough energy after an initial collision to excite a second neon atom.

As the voltages are further increased, other minima in the target current along with further zones of illumination can be observed.

The $I(U)$ -characteristic exhibits various maxima and minima and the interval between the minima is about $\Delta U = 19$ V. This corresponds to excitation energy of the 3p energy level of a neon atom (see Fig. 4) so that it is highly likely that this level is being excited. Excitement of the 3s-level cannot be neglected entirely and gives rise to some fine detail in the structure of the $I(U)$ -characteristic.

The zones of illumination are zones of greater excitation and correspond to drops in voltage in the $I(U)$ -characteristic. One more zone of illumination is created every time U is increased by about 19 V.

Note

The first minimum is not at 19 V itself but is shifted by an amount corresponding to the so-called contact voltage between the cathode and grid.

The emission lines in the neon spectrum can easily be observed and measured using a spectroscope (1003184 / U21877) when the maximum voltage U is used.

5. Operation

The following equipment is also required to complete the experiment:

1 Power supply unit for F/H experiment (230 V, 50/60 Hz)
1012819

or

1 Power supply unit for F/H experiment (115 V, 50/60 Hz)
1012818

1 Analogue oscilloscope, 2x 30 MHz 1002727 / U11175

1 HF Patch cord, 1 m 1002746 / U11255

2 HF Patch cords, BNC/4 mm plug 1002748 / U11257

Safety leads for experiments

- Start with the voltage supply unit switched off, and with all the voltage setting knobs fully to the left.
- Connect up the experiment as shown in Fig. 2.
- Turn on the equipment. It will start in ramp mode.
- Set up the oscilloscope in XY mode with $x = 1$ V/div and $y = 2$ V/div.
- Gradually increase the heater voltage till the filament starts to faintly glow red. Then wait 30 seconds till it reaches its operating temperature.
- Set the accelerating voltage to 80 V and select a grid voltage of 9 V.

The ideal heater voltage should be between 4 and 12 V. This differs from tube to tube due to manufacturing tolerances.

- Gradually increase the heater voltage until an orange glow appears between the cathode and the grid. Then turn down the heater voltage till the glow disappears and only the filament is glowing.
- Gradually increase the decelerating voltage until the measured curve (of signal against accelerating voltage) is near horizontal.
- Increase the gain till the maxima of the Franck-Hertz curve can be seen on the oscilloscope screen.

6. Disposal

- The packaging should be disposed of at local recycling points.
- Should you need to dispose of the equipment itself, never throw it away in normal domestic waste. Local regulations for the disposal of electrical equipment will apply.

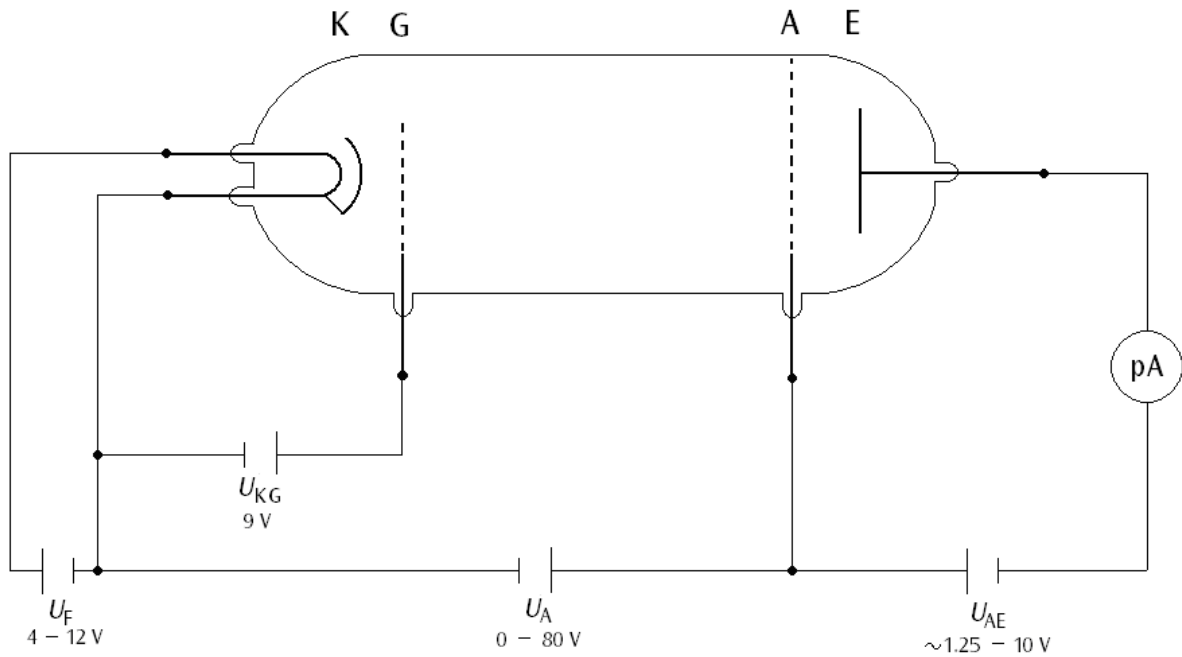
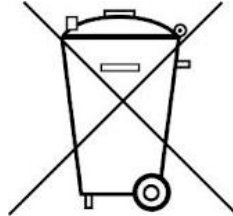


Fig. 1 Schematic of set up for measuring the Franck-Hertz curve for neon (K cathode, G control grid, A anode, E collector electrode)

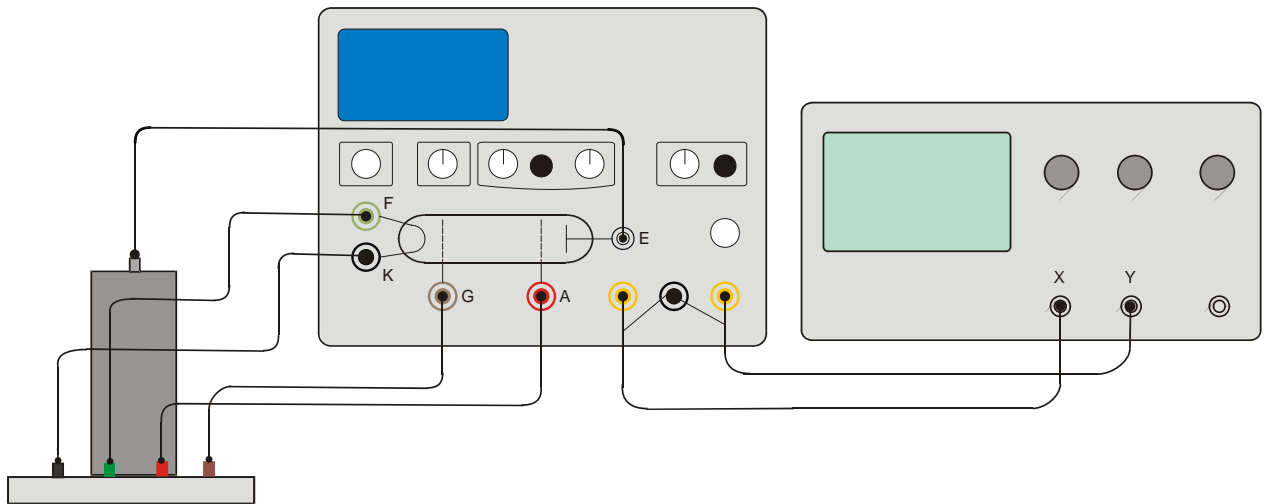


Fig. 2 Experiment set-up - Franck-Hertz tube filled with neon

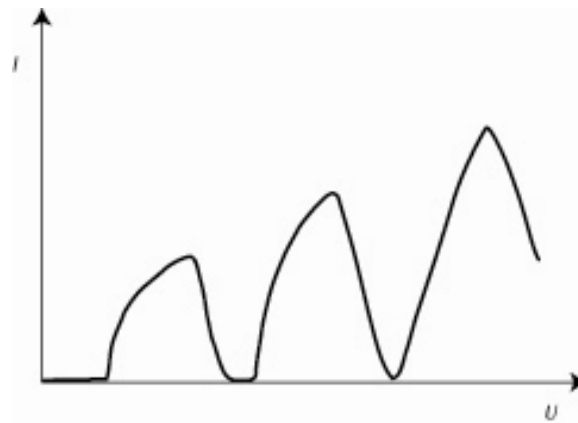


Fig. 3 Target current I as a function of the accelerating voltage U

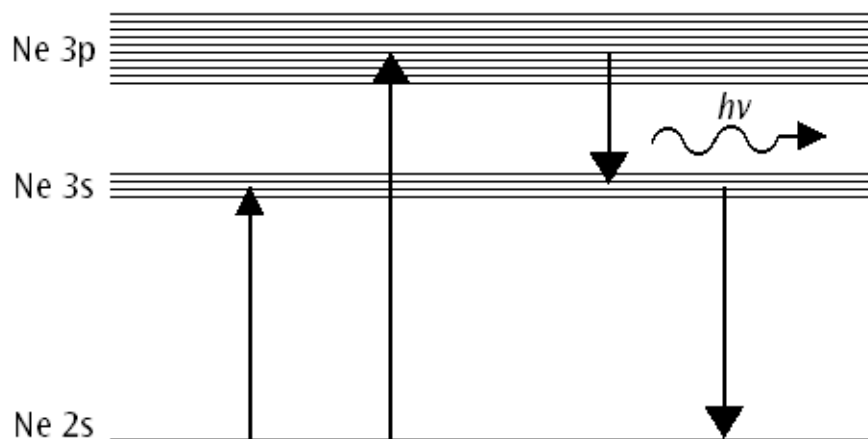


Fig. 4 Energy levels in neon atoms

Tube de Franck et Hertz au néon sur platine de raccordement

1000912 / U8482230

Instructions d'utilisation

04/12 ALF



- 1 Connexion BNC
- 2 Cylindre de blindage avec fenêtre d'observation
- 3 Tube de Franck et Hertz
- 4 Socle avec bornes de connexion

1. Consignes de sécurité

- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques. Ne pliez pas les fils de connexion. Risque de cassure et ainsi de blessure.

2. Description

Le tube de Franck et Hertz est une tétrode avec une cathode en oxyde de baryum à chauffage indirect K, une grille de commande G, une grille anodique A et une électrode de captage E (voir fig. 1). Les électrodes

sont disposées dans un ordre plan-parallèle. L'écart entre la grille de commande et la grille anodique s'élève à 5 mm, les écarts entre d'une part la cathode et la grille de commande et d'autre part l'anode et l'électrode de captage s'élèvent à environ 2 mm. Choisie en vue d'obtenir une caractéristique optimale, la pression du gaz néoprène, ajustée dans le cadre de la construction de ce tube, se situe à quelques hPa.

Les bornes de connexion pour le chauffage, la grille de commande et la grille anodique se trouvent sur la plaque à socle du tube. Le courant de captage est prélevé sur la borne BNC à l'extrémité supérieure du cylindre de blindage. Une résistance (10 k Ω) est fixée

entre la borne de tension d'accélération et l'anode du tube. Elle protège le tube contre le risque d'ignition en cas de tension trop élevée. Pour les mesures, la chute de tension sur cette résistance est négligeable, car le courant anodique du tube est inférieur à 5 pA (chute de tension sur la résistance de protection 0,05 V).

3. Caractéristiques techniques

Tension de chauffage:	4 – 12 V
Tension de commande:	9 V
Tension d'accélération:	max. 80 V
Contre-tension:	1,2 – 10 V
Tube:	env. 130 x 26 mm Ø
Socle de connexion:	env. 190x115x115 mm ³
Masse:	env. 450 g

4. Notions de base générales

Au cours de l'expérience de Franck et Hertz sur le néon, des atomes de néons sont excités par une collision inélastique d'électrons. Les atomes excités émettent une lumière visible qui peut être observée directement. On reconnaît les zones de forte densité lumineuse ou d'excitation, dont la position entre la cathode et la grille dépend de la différence de tension entre les deux. :

Des électrons s'échappant par la cathode sont accélérés vers la grille par une tension U . Ils traversent la grille et contribuent au courant I lorsque leur énergie cinétique suffit à surmonter la contre-tension entre la grille et la plaque.

La caractéristique $I(U)$ (cf. Fig. 3) est similaire à celle de l'expérience de Franck et Hertz sur le mercure, mais à des intervalles de tension d'environ 19 V. En d'autres termes, le courant de plaque chute pratiquement à zéro à une certaine valeur $U = U_1$, car, par la collision inélastique, les électrons atteignent juste avant la grille suffisamment d'énergie cinétique pour céder l'énergie requise à l'excitation d'un atome de néon. En même temps, on observe à proximité de la grille une lumière rouge-orange, car l'une des transitions des atomes de néon de relaxation émet une lumière de cette couleur. La zone lumineuse se déplace vers la cathode au fur et à mesure qu'augmente la tension U , en même temps le courant de plaque I augmente à nouveau.

Si la tension $U = U_2$ est encore plus élevée, le courant de plaque chute fortement et l'on observe deux zones lumineuses : l'une au milieu, entre la cathode et la grille, et l'autre directement à hauteur de la grille. Les électrons prennent une deuxième fois une telle quan-

tité d'énergie après la première collision qu'ils peuvent exciter un deuxième atome de néon.

Au fur et à mesure que les tensions continuent à augmenter, on peut observer une diminution du courant de plaque et d'autres couches lumineuses.

La caractéristique $I(U)$ présente plusieurs maxima et minima : l'écart entre les minima s'élève à environ $\Delta U = 19$ V, ce qui correspond aux énergies d'excitation des niveaux 3p dans l'atome de néon (cf. Fig. 4) qui seront très probablement excités. L'excitation des niveaux 3s ne peut pas être entièrement négligée et engendre une substructure dans la caractéristique $I(U)$.

Les zones lumineuses sont des zones de forte densité d'excitation et correspondent aux chutes de courant dans la caractéristique $I(U)$. L'augmentation de U d'environ 19 V entraîne la génération d'une couche lumineuse supplémentaire.

Notes

Le premier minimum ne se situe pas à 19 V, mais est décalé de la tension de contact régnant entre la cathode et la grille.

Les lignes spectrales du néon peuvent être observées et mesurées sans problème à l'aide du spectroscope (1003184 / U21877), lorsqu'on choisit la tension maximale U .

5. Manipulation

Pour réaliser l'expérience, on a besoin des dispositifs supplémentaires suivants :

1 Appareil pour l'expérience de F/H (230 V, 50/60 Hz)
1012819

ou

1 Appareil pour l'expérience de F/H (115 V, 50/60 Hz)
1012819

1 Oscilloscope analogique, 2x 30 MHz 1002727 / U11175

1 Cordon HF, 1 m 1002746 / U11255

2 Cordons HF, BNC / douille 4 mm 1002748 / U11257

Cordons d'expérimentation de sécurité

- Dans un premier temps, laissez l'appareil éteint, avec tous les boutons de réglage en butée gauche.
- Procédez au câblage comme le montre la figure 2.
- Mettez l'appareil en marche, l'appareil est en mode "rampe".
- Exploitez l'oscilloscope en mode XY avec les réglages $x = 1$ V/Div et $y = 2$ V/Div.
- Augmentez lentement la tension de chauffage jusqu'à ce que le filament rougeoit légèrement. Attendez env. 30 secondes jusqu'à ce que la température de service soit atteinte.

- Sélectionnez une tension d'accélération de 80 V et une tension de grille de commande de 9 V.

La tension optimale de chauffage est située entre 4 et 12 V. Elle varie d'un tube à l'autre en fonction de sa conception.

- Réaugmentez lentement la tension de chauffage jusqu'à ce qu'une lumière orangée apparaisse entre la cathode et la grille de commande. Réduisez alors lentement la tension de chauffage jusqu'à ce que la lumière disparaisse et que seul le filament rougeoit.
- Augmentez lentement la différence de potentiel inverse jusqu'à ce que la courbe de mesure (signal en fonction de la tension d'accélération) soit quasiment horizontale.
- Augmentez l'amplification jusqu'à ce que la formation des maxima de la courbe de Franck et Hertz apparaisse sur l'écran de l'oscilloscope.

6. Traitement des déchets

- L'emballage doit être déposé aux centres de recyclage locaux.
- Si l'appareil doit être jeté, ne pas le jeter dans les ordures ménagères. Il est important de respecter les consignes locales relatives au traitement des déchets électriques.

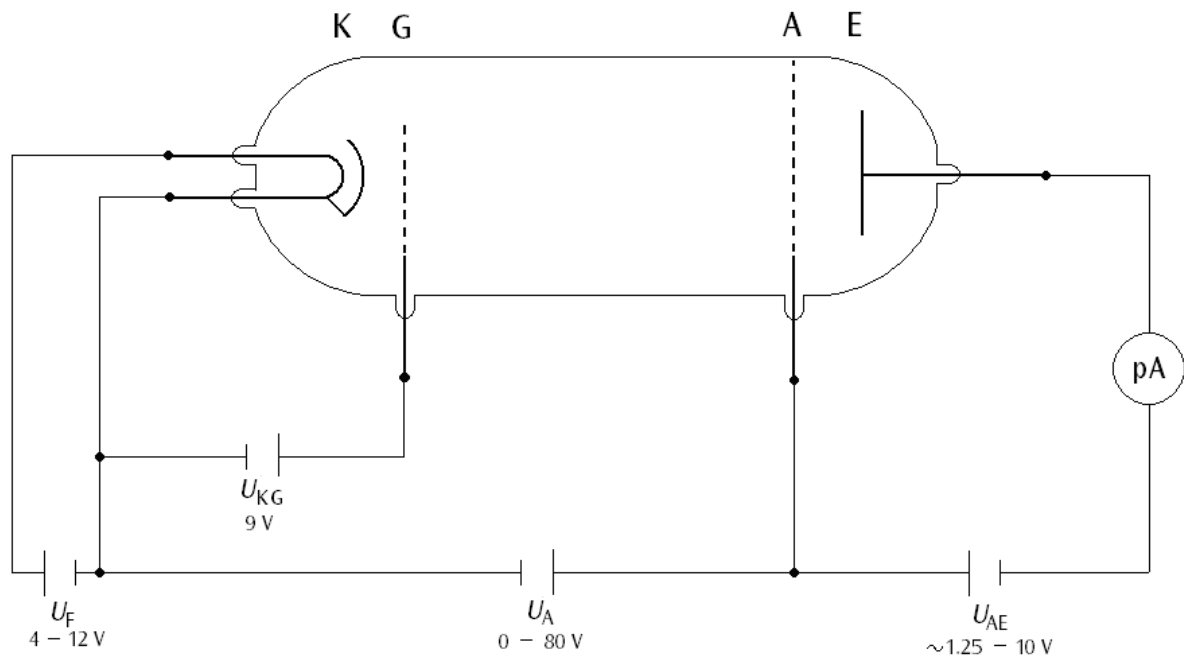
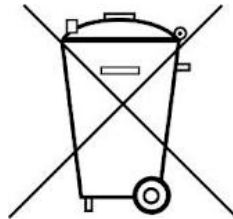


Fig. 1 Structure schématique de l'enregistrement de la courbe de Franck et Hertz sur le néon (K cathode, G grille de commande, A anode, E électrode de captage)

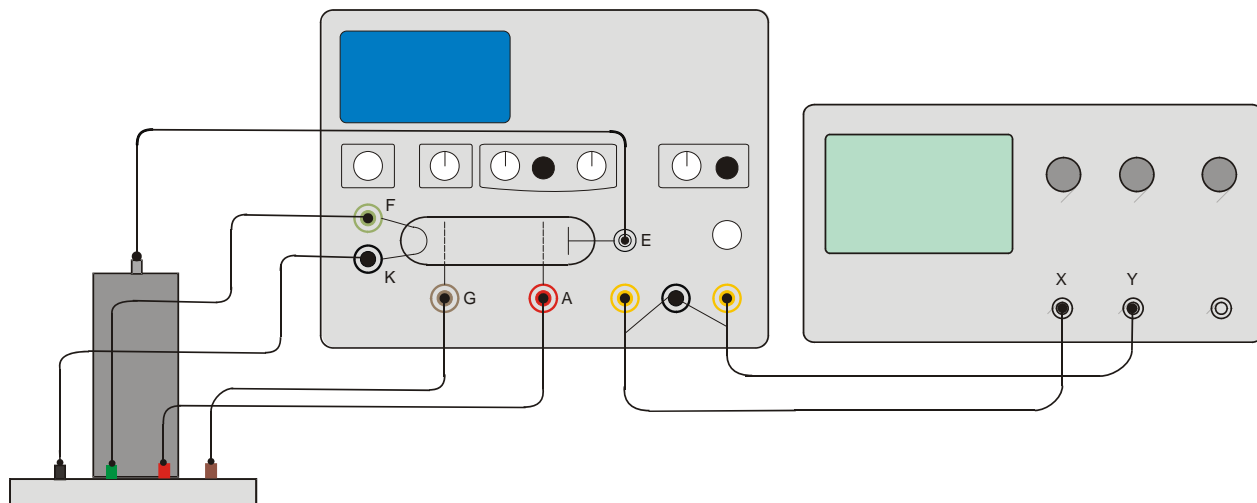


Fig. 2 Montage expérimental du tube de Franck et Hertz au Ne

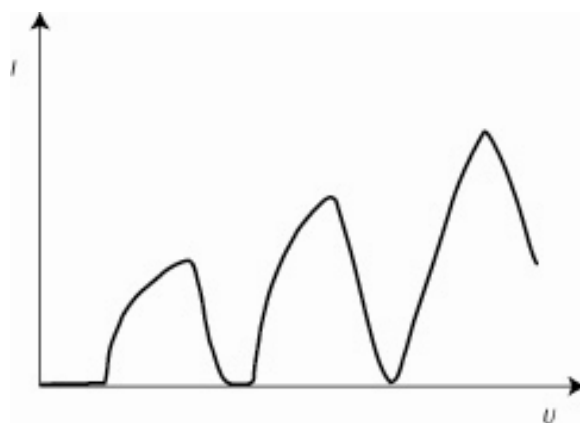


Fig. 3 Courant de plaque I en fonction de la tension d'accélération U

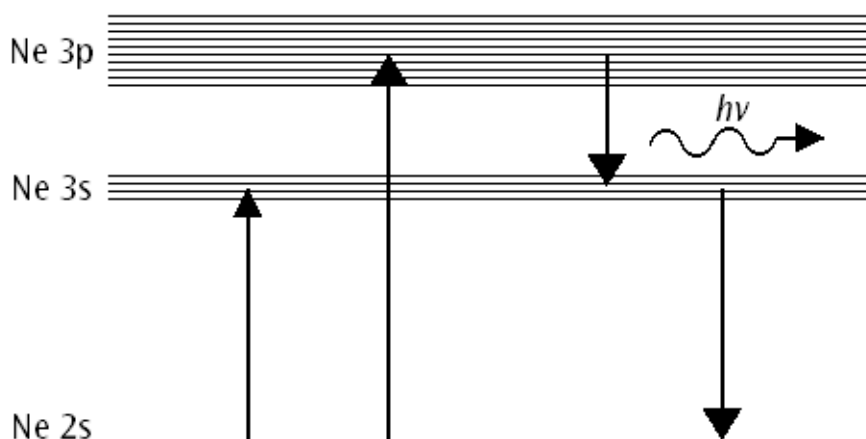


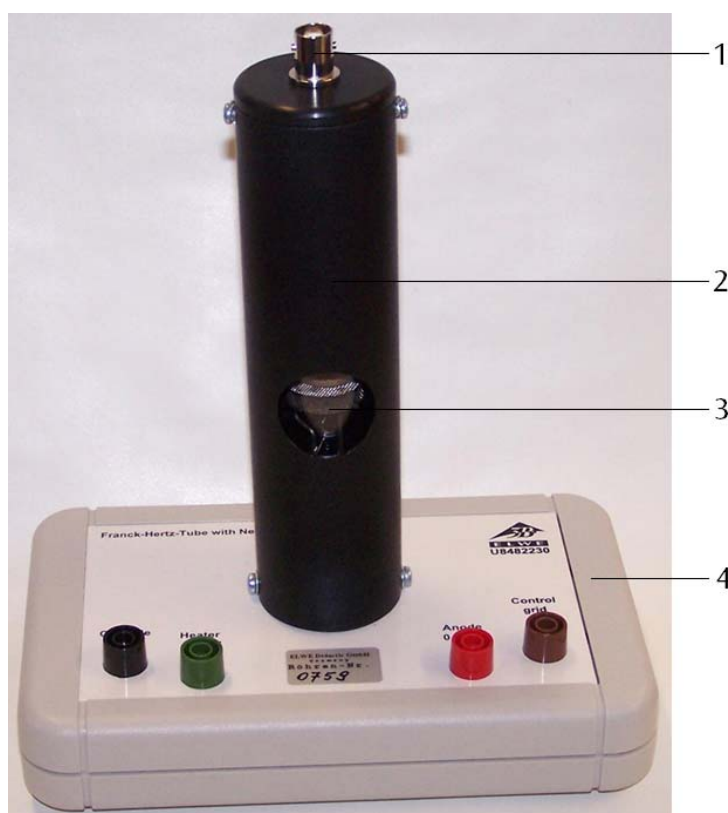
Fig. 4 Schéma de l'énergie des atomes de néon

Tubo di Franck-Hertz con neon su zoccolo di collegamento

1000912 / U8482230

Istruzioni per l'uso

04/12 ALF



- 1 Raccordo BNC
- 2 Cilindro di schermatura con finestra di osservazione
- 3 Tubo di Franck-Hertz
- 4 Base con jack di raccordo

1. Norme di sicurezza

- Non esporre il tubo a sollecitazioni meccaniche. Non piegare i fili di collegamento. Pericolo di rottura del vetro e conseguente pericolo di lesioni.

2. Descrizione

Il tubo di Franck-Hertz è un tetrodo con un catodo di ossido di bario riscaldato indirettamente K, un reticolo di controllo, un anodo a forma di rete A e un elettrodo collettore E (vedi fig. 1). Gli elettrodi sono disposti pianparalleli. La distanza tra reticolo di controllo e

reticolo anodico è di circa 5 mm, la distanza tra catodo, reticolo di controllo e anodo, elettrodo collettore è sempre circa 2 mm. La pressione del gas neon è selezionata nell'ambito della produzione di questo tubo con una curva caratteristica ottimale e rientra nell'intervallo di alcuni hPa.

I jack di raccordo per il riscaldamento, il reticolo di controllo e il reticolo anodico si trovano sulla piastra della base del tubo. La corrente del raccoglitore viene misurata sul jack BNC all'estremità superiore del cilindro di schermatura. Tra il jack di raccordo per la tensione di accelerazione e l'anodo del tubo è installata una resistenza di limitazione fissa (10 k Ω) che protegge il tubo nel caso in cui dovesse perdere il

controllo a causa di una tensione troppo elevata. Durante le misurazioni la caduta di tensione su questa resistenza è trascurabile perché la corrente anodica del tubo è inferiore a 5 pA. (caduta di tensione sulla resistenza di protezione 0,05 V).

3. Dati tecnici

Tensione di riscaldamento:	4 – 12 V
Tensione di controllo:	9 V
Tensione di accelerazione:	max. 80 V
Forza controelettromotrice:	1,2 – 10 V
Tubo:	ca. 130 x 26 mm Ø
Zoccolo di collegamento:	ca. 190x115x115 mm ³
Peso:	ca. 450 g

4. Basi generali

Nell'esperimento di Franck-Hertz sul neon, gli atomi di neon vengono eccitati da un urto anelastico degli elettroni. Gli atomi eccitati emettono luce visibile che può essere osservata direttamente. È possibile riconoscere zone a elevata densità luminosa o di eccitazione, la cui posizione tra catodo e reticolo dipende dalla differenza di tensione tra i due:

Dal catodo escono elettroni che vengono accelerati da una tensione U verso il reticolo. Attraverso il reticolo, gli elettroni raggiungono il raccoglitore e contribuiscono alla corrente del raccoglitore I , se la loro energia cinetica è sufficiente per il superamento della forza controelettromotrice tra reticolo e raccoglitore.

La curva $I(U)$ (vedere la Fig. 3) presenta un modello simile all'esperimento di Franck-Hertz sul mercurio, tuttavia in intervalli di tensione di circa 19 V. Ciò significa che diminuisce ad un determinato valore $U = U_1$ la corrente del raccoglitore fino a quasi zero, in quanto gli elettroni poco prima del reticolo raggiungono energia cinetica sufficiente per emettere l'energia necessaria per l'eccitazione di un atomo di neon attraverso l'urto anelastico. Contemporaneamente, in prossimità del reticolo si osserva una luce di un rosso aranciato, in quanto uno dei passaggi degli atomi di neon in rilassamento emette luce di questo colore. La zona luminosa si sposta verso il catodo con l'incremento della tensione U e contemporaneamente la corrente del raccoglitore I aumenta di nuovo.

In caso di tensione ancora maggiore $U = U_2$ la corrente del raccoglitore diminuisce anch'essa drasticamente e si osservano due zone luminose: una al centro tra catodo e reticolo e una direttamente sul reticolo. Qui, dopo il primo urto, gli elettroni possono riassorbire

energia una seconda volta in modo da poter eccitare un secondo atomo di neon.

Con l'ulteriore aumento delle tensioni si osservano infine ulteriori diminuzioni della corrente del raccoglitore e ulteriori strati luminosi.

La caratteristica $I(U)$ presenta più livelli massimi e minimi: l'intervallo dei livelli minimi ammonta a circa $\Delta U = 19$ V. Questo corrisponde alle energie di eccitazione dei livelli 3p nell'atomo di neon (vedere la Fig. 4) che vengono eccitati con elevata probabilità. L'eccitazione dei livelli 3s non può essere completamente trascurata e comporta una sottostruttura nella caratteristica $I(U)$.

Le zone luminose sono zone a elevata densità di eccitazione e corrispondono alle diminuzioni di corrente nella caratteristica $I(U)$. Viene generato di volta in volta uno strato luminoso supplementare se si aumenta U di ca. 19 V.

Note

Il primo livello minimo non si trova a 19 V, ma è sfalsato della cosiddetta tensione di contatto tra catodo e reticolo.

Le linee spettrali emesse possono essere osservate e misurate senza problemi con lo spettroscopio (1003184 / U21877) utilizzando la tensione massima U .

5. Utilizzo

Per l'esperimento sono inoltre necessari i seguenti apparecchi:

1 Apparecchio per l'esperimento di F/H (230 V, 50/60 Hz)
1012819

o

1 Apparecchio per l'esperimento di F/H (115 V, 50/60 Hz)
1012818

1 Oscilloscopio analogico, 2x 30 MHz 1002727 / U11175

1 Cavo ad alta frequenza, 1 m 1002746 / U11255

2 Cavi ad alta frequenza,
connettore 4 mm / BNC 1002748 / U11257

Cavi di sicurezza per esperimenti

- Lasciare dapprima l'apparecchio disinserito con tutte le manopole di regolazione sulla battuta sinistra.
- Cablare come indicato nella fig. 2.
- Accendere l'apparecchio, l'apparecchio si trova in modalità rampa.
- Azionare l'oscilloscopio in modalità XY con le impostazioni $x = 1$ V/Div e $y = 2$ V/Div.
- Alzare lentamente la tensione di riscaldamento fino a quando il filamento caldo inizia a diventare rosso incandescente. Attendere quindi circa

30 secondi fino al raggiungimento della temperatura d'esercizio.

- Selezionare una tensione di accelerazione pari a 80 V e una tensione di reticolo di controllo pari a 9 V.

La tensione di riscaldamento ideale è compresa fra 4 e 12 V e varia da tubo a tubo a seconda della lavorazione.

- Aumentate ancora lentamente la tensione di riscaldamento fino a quando una luce arancione non sarà visibile fra il catodo e il reticolo di controllo. Riabbassare ora lentamente la tensione di riscaldamento fino a quando la luce non scompare e solo il filamento caldo rimane incandescente.
- Alzare lentamente la forza controelettrica fino a quando la curva di misurazione (segnale opposto alla tensione di accelerazione) non si trova in posizione pressoché orizzontale.
- Aumentare l'amplificazione di tensione fino a quando sullo schermo dell'oscilloscopio non verrà registrato il valore massimo della curva di Franck-Hertz.

6. Smaltimento

- Smaltire l'imballo presso i centri di raccolta e riciclaggio locali.
- Non gettare l'apparecchio nei rifiuti domestici. Per lo smaltimento delle apparecchiature elettriche, rispettare le disposizioni vigenti a livello locale.

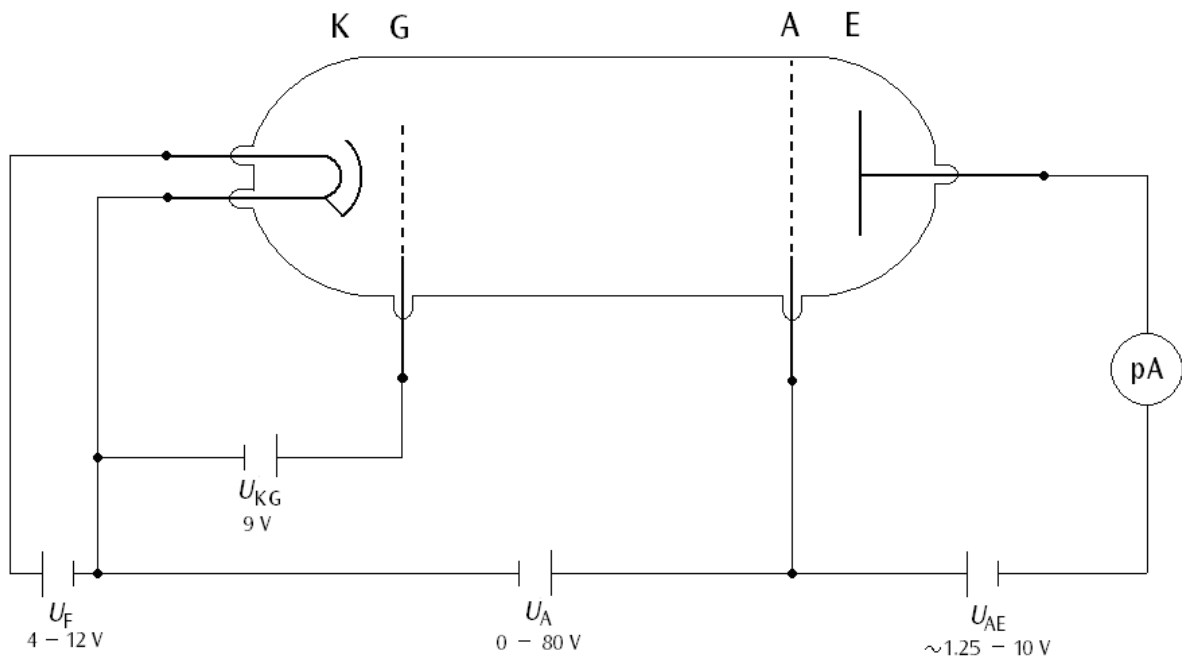
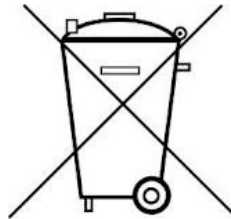


Fig. 1 Struttura schematica per la registrazione della curva di Franck-Hertz sul neon (Kcatodo, G reticolo di controllo, A anodo, E elettrodo collettore)

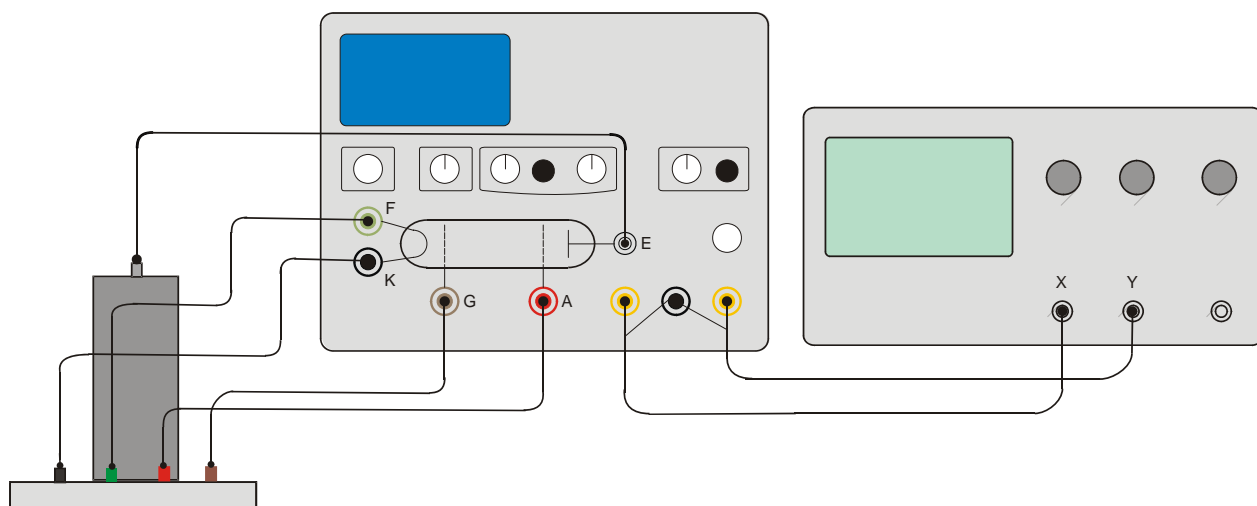


Fig. 2 Struttura sperimentale tubo Franck-Hertz riempito con neon

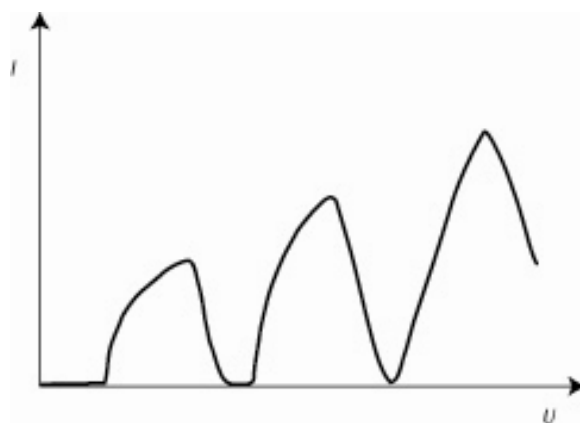


Fig. 3 Corrente del raccogliore I a seconda della tensione di accelerazione U

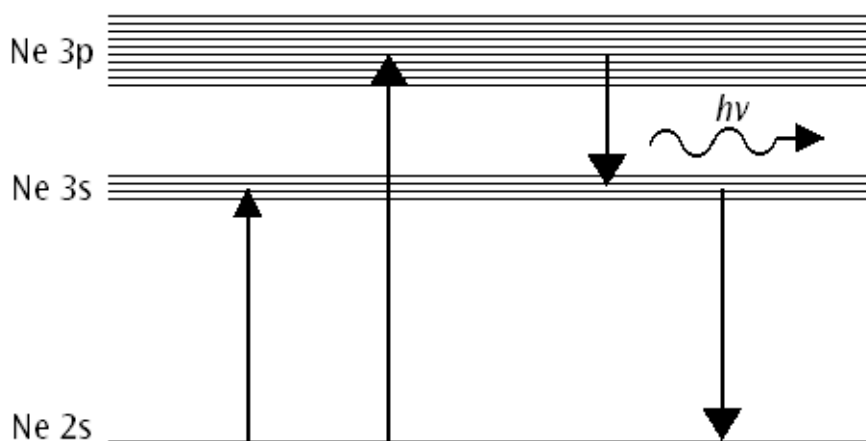


Fig. 4 Diagramma energetico degli atomi di neon

Tubo de Franck y Hertz con neón sobre zócalo de conexión

1000912 / U8482230

Instrucciones de uso

04/12 ALF



- 1 Conector de BNC
- 2 Cilindro de apantallamiento con ventana de observación
- 3 Tubo de Franck y Hertz
- 4 Zócalo con casquillos de conexión

1. Advertencias de seguridad

- El tubo no se debe someter nunca esfuerzos mecánicos. Los alambres de conexión no se deben doblar. Existe peligro de fractura del vidrio y peligro de lesiones.

2. Descripción

El tubo de Franck-Hertz es un tetrodo con, un cátodo de óxido de bario de caldeo indirecto K, una rejilla de control G, un ánodo también en forma de rejilla A y un electrodo colector E (ver Fig. 1). Los electrodos

están ordenados paralelamente entre sí. La distancia entre la rejilla de control y de ánodo es de 5 mm, las distancias entre cátodo y rejilla de control y ánodo y electrodo colector son cada una de ellas de 2 mm. La presión de gas de Neón se fija durante la producción del tubo para obtener una línea característica óptima y es de un valor de unos hPa.

Los casquillos para el caldeo, la rejilla de control y la rejilla de ánodo se encuentran en el zócalo base del tubo. La corriente de colector se registra en el casquillo de BNC en la parte superior del cilindro de apantallamiento. Entre el casquillo de conexión para la tensión de aceleración y el ánodo del tubo se encuentra fijada una resistencia de limitación de 10 kOhm. Por

ella se protege el tubo en caso de que se dispare el mismo debido a una tensión superior. La caída de tensión en esta resistencia se puede despreciar durante las mediciones porque la corriente del ánodo del tubo es menor que 5 pA (caída de tensión en la resistencia de protección 0,05 V).

3. Datos técnicos

Tensión de calentamiento:	4 – 12 V
Tensión de control:	9 V
Tensión de aceleración:	máx. 80 V
Contratensión:	1,2 – 10 V CC
Tubo:	aprox. 130 x 26 mm Ø
Zócalo de conexión:	aprox. 190x115x115 mm ³
Peso:	aprox. 450 g

4. Fundamentos generales

En el experimento con neón de Franck y Hertz, los átomos de este gas se excitan debido al choque inelástico de los electrones. Los átomos excitados emiten luz visible, la cual puede observarse directamente. Se reconocen zonas con mayor densidad de luminosidad o de excitación, cuya posición entre el cátodo y la rejilla depende de la diferencia de tensión entre ambos:

Del cátodo se desprenden electrones y estos se aceleran hacia la rejilla dada la presencia de la tensión U . A través de la rejilla, llegan al colector contribuyendo a aumentar la corriente I del colector si su energía cinética es suficiente para superar la contratensión presente entre la rejilla y el colector.

La curva característica $I(U)$ (véase Fig. 3) muestra un patrón semejante al que se observa en el experimento con mercurio de Franck y Hertz, no obstante, con intervalos de tensión de aproximadamente 19 V. Esto significa que la corriente del colector, frente a un valor determinado de $U = U_1$ desciende casi hasta cero, puesto que los electrones, poco antes de llegar a la rejilla, ganan una energía cinética suficiente como para excitar un átomo de neón después del choque inelástico. Simultáneamente, en la cercanía de la rejilla, se observa una luminosidad rojo naranja, puesto que el paso de los átomos de neón emite este tipo de luz. La zona luminosa se desplaza hacia el cátodo si la tensión U aumenta y, al mismo tiempo, vuelve a aumentar la corriente I del colector.

Si la tensión $U = U_2$ es aún mayor, la corriente del colector, de igual manera, desciende drásticamente y se observan dos zonas luminosas: una en la mitad del cátodo y la rejilla y la otra directamente sobre la

rejilla. Aquí, los electrones, después del primer choque, pueden absorber tanta energía una segunda vez, que pueden excitar a un segundo átomo de neón.

Si las tensiones continúan ascendiendo, finalmente, se pueden observar otras absorciones de la corriente del colector y más capas luminosas.

La característica $I(U)$ muestra varios valores máximos y mínimos: La distancia entre valores mínimos es de aproximadamente $\Delta U = 19$ V. Esto corresponde a las energías del nivel 3p del átomo de neón (véase Fig. 4), que, muy probablemente, se verán excitadas. La excitación del nivel 3s no se puede despreciar por completo y produce una subestructura en la característica $I(U)$.

Las zonas luminosas se caracterizan por su elevado espesor de excitación y, en la característica $I(U)$, corresponden a la absorción de corriente. Se origina una capa luminosa adicional cada vez que se eleva la tensión U en aproximadamente 19 V.

Notas

El primer valor mínimo no se encuentra a 19 V sino que varía en la proporción determinada por la tensión de contacto presente entre el cátodo y la rejilla.

Las líneas espectrales de neón emitidas se pueden observar y medir sin problemas con el espectroscopio (1003184 / U21877) si se selecciona la máxima tensión U .

5. Manejo

Para la realización del experimento se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Equipo p. la ejecución del experimento de F/H (230 V, 50/60 Hz)	1012819
ó	
1 Equipo p. la ejecución del experimento de F/H (115 V, 50/60 Hz)	1012818
1 Osciloscopio analógico, 2x 30 MHz	1002727 / U11175
1 Cable AF, 1 m	1002746 / U11255
2 Cables AF, conector macho BNC / 4 mm	1002748 / U11257

Cables de experimentación de seguridad

- El aparato de servicio se deja primero desconectado, con todos los botones de ajuste en el extremo izquierdo.
- Se realiza el cableado según la Fig. 2.
- Se conecta la unidad de control, la cual se encuentra en el modo de rampa
- Se ajusta el osciloscopio al modo X-Y, con los ajustes $x = 1$ V/Div e $y = 2$ V/Div.
- Se aumenta lentamente la tensión de caldeo hasta que el filamento calefactor se observe de una coloración roja débil. Luego se esperan aprox. 30 segundos hasta que se logre la temperatura de trabajo.

- Se elige una tensión de aceleración de 80 V y una tensión de rejilla de control de 9 V.

La tensión óptima de caldeo se encuentra entre 4 y 12 V. Ésta depende las condiciones de fabricación y puede ser diferente de tubo a tubo.

- Se sigue aumentando lentamente la tensión de caldeo hasta que se observe una luminosidad anaranjada entre el cátodo y la rejilla de control. Ahora se reduce lentamente la tensión de caldeo hasta que la luminosidad desaparezca y sólo se vea el filamento incandescente.
- Se aumenta lentamente la contratenión hasta que la curva de medida esté casi horizontal (señal con respecto a la tensión de aceleración).

Se aumenta la amplificación hasta que se puedan observar los máximos de la curva de Franck-Hertz en la pantalla del osciloscopio.

6. Desecho

- El embalaje se desecha en los lugares locales para reciclar.
- En caso de que el propio aparato se deba desecha como chatarra, no se debe deponer entre los desechos domésticos normales. Se deben cumplir las prescripciones locales para el desecho de chatarra eléctrica.

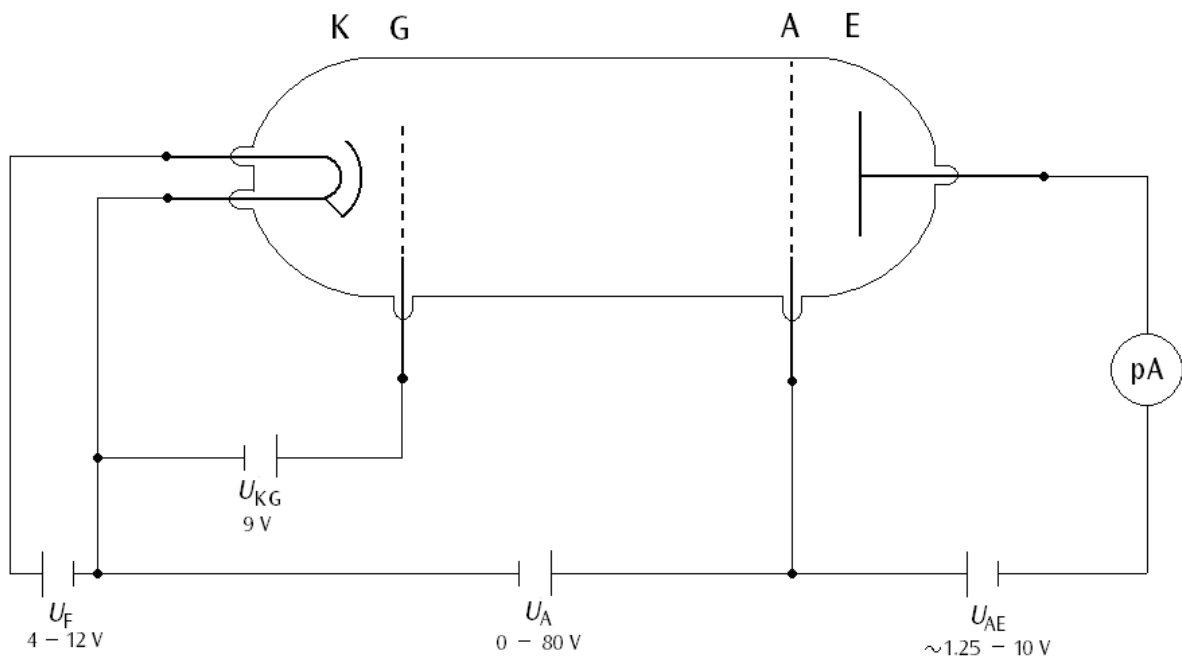
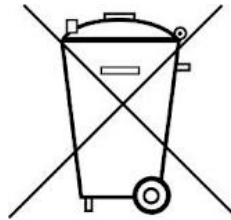


Fig. 1 Montaje esquemático para el registro de la curva de Franck y Hertz en el neón (K cátodo, G rejilla de control, A ánodo, E electrodo colector)

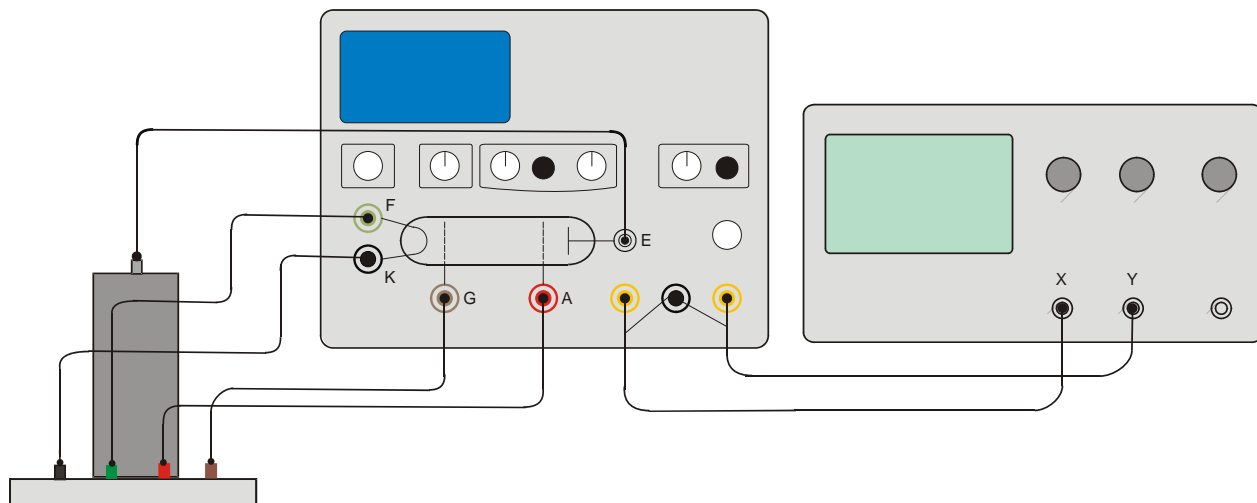


Fig. 2 Montaje de experimentación Tubo de Franck-Hertz con Ne

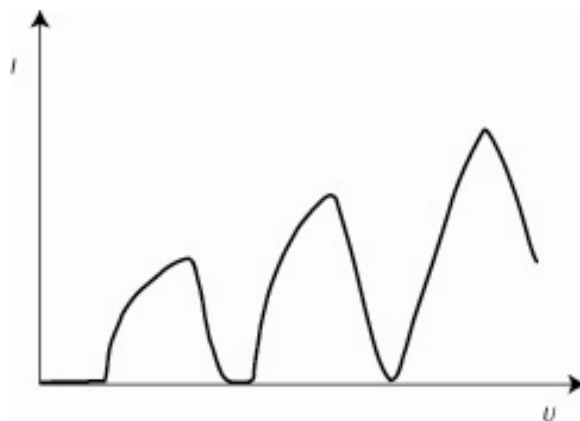


Fig. 3 Corriente I del colector en función de la tensión de aceleración U

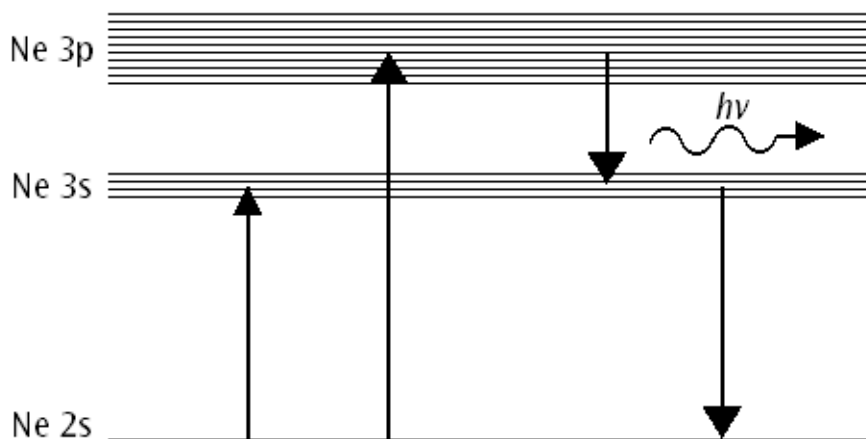


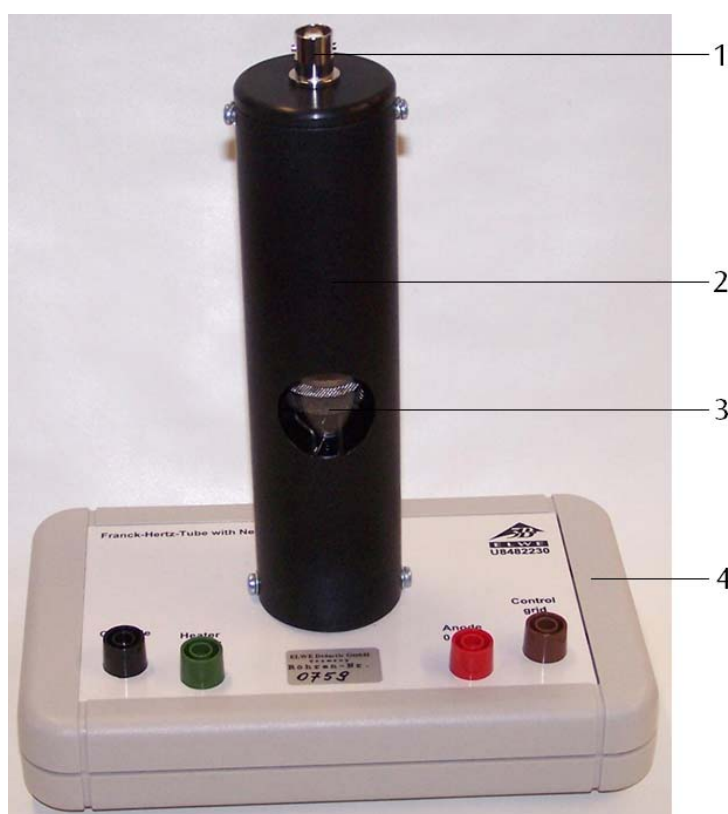
Fig. 4 Esquema energético del átomo de neón

Tubo de Franck-Hertz com Ne sobre base de conexão

1000912 / U8482230

Instruções de operação

04/12 ALF



- 1 Conector BNC
- 2 Cilindro de blindagem com janela de observação
- 3 Tubo de Franck-Hertz
- 4 Base com tomadas de conexão

1. Indicações de segurança

- Não exercer qualquer esforço físico sobre o tubo. Não dobrar os cabos de conexão. Há risco de quebra do vidro, portanto há perigo de ferimento.

2. Descrição

O tubo de Franck-Hertz é uma válvula tetrodo com um cátodo de dióxido de bário de aquecimento indireto K, uma grade de controle G, um ânodo A e um eletrodo de captação E (ver figura 1). Os eletrodos

estão dispostos de modo plano-paralelo. A distância entre a grade de controle e a grade anódica é de aproximadamente 5 mm, as distâncias entre cátodo e grade de controle e ânodo e eletrodo de captação é a cada vez de aproximadamente 2 mm. A pressão do gás néon é escolhida em função de uma linha de reconhecimento ótima e se encontra numa faixa de vários hPa.

As tomadas de conexão para aquecimento, grade de controle e grade anódica se encontram sobre a placa da base do tubo. A corrente do captador é recebida através do conector BNC na extremidade superior do cilindro de blindagem. Entre a tomada de conexão para a tensão de aceleração e o ânodo do tubo

encontra-se uma resistência de limitação (10 k Ω) fixamente integrada. Graças a ela o tubo está protegido caso ele venha a queimar por tensão demasiado elevada. O resíduo de tensão nessa resistência pode ser desprezado nas medições, já que a corrente anódica do tubo é menor que 5 μ A. (Resíduo de tensão na resistência de proteção 0,05 V).

3. Dados técnicos

Tensão de aquecimento:	4 – 12 V
Tensão de operação:	9 V
Tensão de aceleração:	máx. 80 V
Tensão oposta:	1,2 – 10 V
Tubo:	aprox. 130 x 26 mm \varnothing
Base de conexão:	aprox. 190x115x115 mm ³
Massa:	aprox. 450 g

4. Fundamentos gerais

Na experiência de Franck-Hertz com neônio, átomos de neônio são excitados através de choques inelásticos. Os átomos excitados emitem luz visível que pode ser diretamente observada. Reconhecem-se zonas de maior ou menor densidade de excitação cuja posição entre o catodo e a grade depende da diferença de tensão entre ambos:

Elétrons escapam do catodo; e são acelerados através de uma tensão U em direção à grade. Eles atravessam a grade e chegam ao receptor, contribuindo para a corrente I de receptor, caso a sua energia cinética seja suficiente para superar a tensão contrária entre a grade e o receptor.

A linha de reconhecimento $I(U)$ (veja fig. 3) apresenta um padrão semelhante ao da experiência de Franck-Hertz no mercúrio, porém, em intervalos de tensão de aproximadamente 19 V, ou seja, a corrente de receptor cai a quase zero a partir de um valor $U = U_1$, já que os elétrons adquirem a energia necessária para transferir energia a um átomo de neônio através do choque inelástico. Ao mesmo tempo, observa-se uma luminosidade cor de laranja nas proximidades da grade, já que uma das passagens dos átomos de neônio emite luz laranja. A zona luminosa se desloca com o aumento da tensão U para o catodo; paralelamente, a corrente de receptor I volta a aumentar.

Com uma tensão $U = U_2$ ainda mais alta, a corrente de receptor cai drasticamente; e observam-se duas zonas luminosas: uma no meio entre o catodo e a grade e outra diretamente na grade. Os átomos podem aqui adquirir tanta energia após o primeiro

choque que eles podem excitar um segundo átomo de neônio.

Com o aumento das tensões, podem ser observadas outras quedas da energia de receptor e outras camadas luminosas.

A linha de reconhecimento $I(U)$ apresenta várias máximas e mínimas: a distância da mínima é de aproximadamente $\Delta U = 19$ V. Isso corresponde às energias de excitação de nível 3p no átomo de neônio (veja fig. 4), que com grande probabilidade são excitados. A excitação de nível 3s não pode ser totalmente desprezada e forma uma subestrutura na linha de reconhecimento $I(U)$.

As zonas luminosas são zonas de alta densidade de excitação e correspondem à queda de corrente na linha de reconhecimento $I(U)$. É criada uma nova camada luminosa a cada vez que se aumenta U em aproximadamente 19 V.

Observação

O primeiro mínimo não está em 19 V, mas é deslocado na proporção da chamada tensão de contato entre o catodo e a grade.

As linhas espectrais do neônio emitidas podem ser facilmente observadas e medidas com o espectroscópio (1003184 / U21877) quando se opta pela tensão máxima U .

5. Utilização

Para a execução da experiência são necessários os seguintes aparelhos adicionais:

- 1 Aparelho para a experiência de F/H (230 V, 50/60 Hz) 1012819
- ou
- 1 Aparelho para a experiência de F/H (115 V, 50/60 Hz) 1012818
- 1 Osciloscópio analógico, 2 x 30 MHz 1002727 / U11175
- 1 Cabo HF, 1 m 1002746 / U11255
- 2 Cabos HF, BNC/conector de 4 mm 1002748 / U11257
- Cabos de segurança para experiências

- Deixar primeiro o aparelho operacional desligado com todos os botões virados totalmente para a esquerda.
- Efetuar as conexões conforme a figura 2.
- Ligar o aparelho operacional, o aparelho encontra-se no modo de rampa.
- Operar o osciloscópio no modo XY com o ajuste $x = 1$ V/Div e $y = 2$ V/Div.
- Elevar lentamente a tensão de aquecimento até que o filamento de aquecimento comece levemente a iluminar avermelhado. Depois

esperar aprox. 30 segundos até alcançar a temperatura operacional.

- Selecionar a tensão de aceleração de 80 V e a tensão de grade condutora de 9 V.

A tensão de aquecimento ótima situa-se entre 4 e 12 V. Ela é diferente de tubo para tubo, por estipulação de fábrica.

- Continuar a elevar lentamente a tensão de aquecimento até que seja visível uma iluminação de cor laranja entre o cátodo e a grade de condução. Agora girar a tensão de aquecimento lentamente para trás até que a iluminação desapareça e brilhe somente o filamento de aquecimento.
- Elevar lentamente a tensão oposta até que a curva de medição (sinal oposto a tensão de aceleração) fique quase na horizontal.
- Aumentar a amplificação até que na tela do osciloscópio seja visível a aparição da máxima da curva de Franck-Hertz.

6. Eliminação

- A embalagem deve ser eliminada nas dependências locais de reciclagem.
- Em caso que o próprio aparelho deva ser descartado, então este não pertence ao lixo doméstico normal. É necessário cumprir com a regulamentação local para a eliminação de descarte eletrônico.

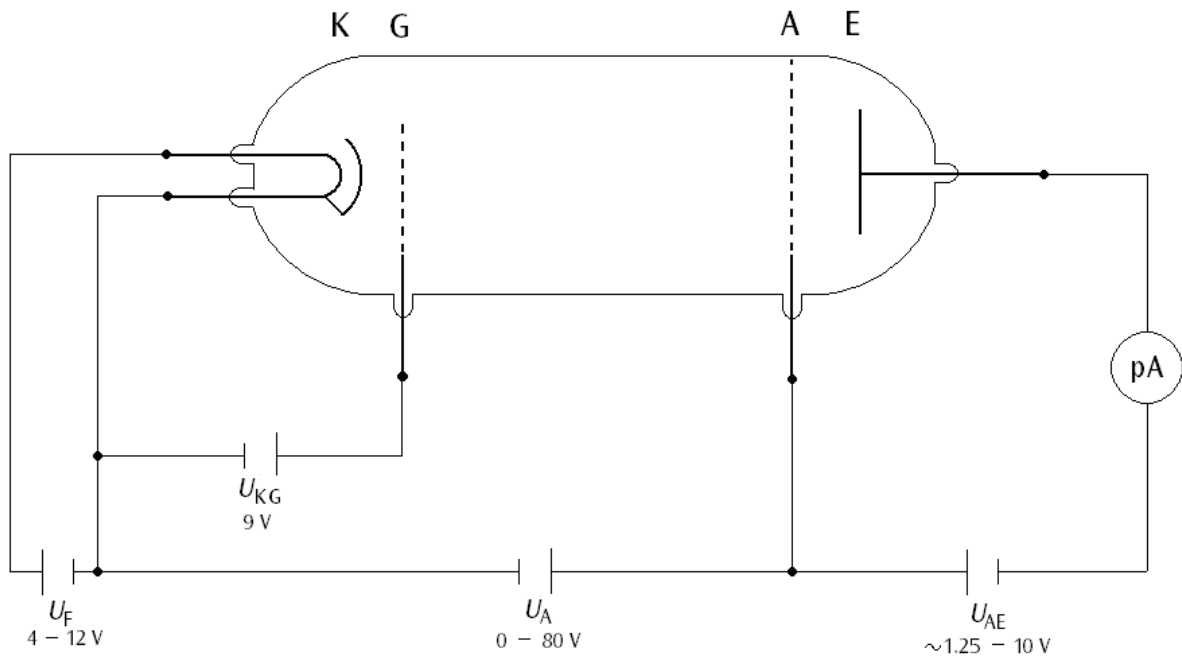
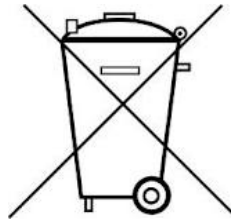


Fig. 1 Estrutura esquemática para o registro da curva de Franck-Hertz no neônio (K cátodo, G grade de controle, A ânodo, E eletrodo de captação)

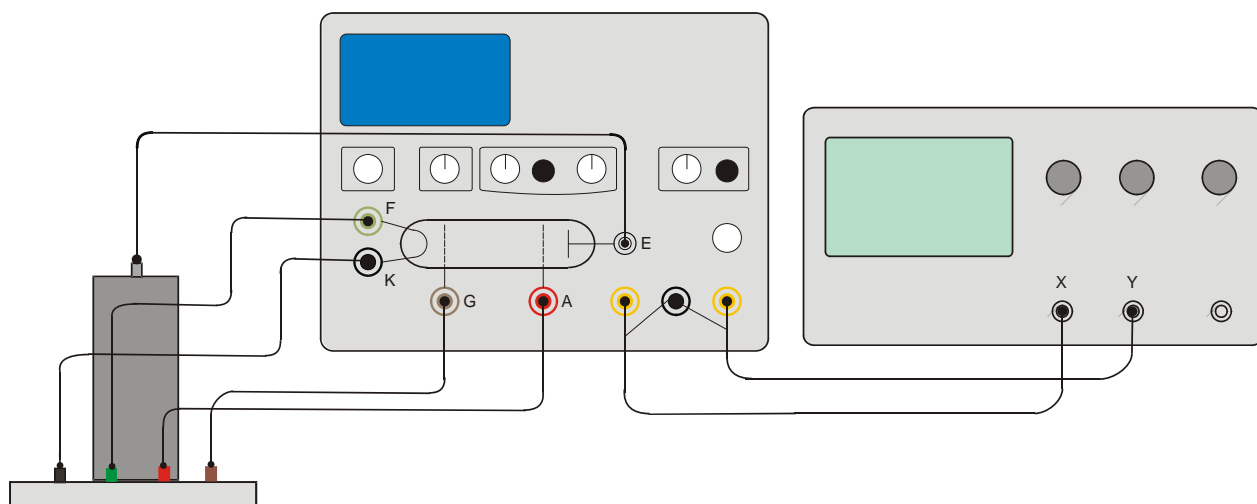


Fig. 2 Montagem experimental do tubo de Franck-Hertz com preenchimento Ne

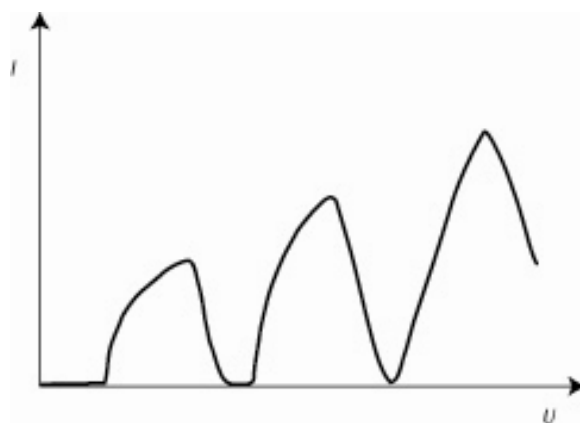


Fig. 3 Corrente de receptor I em função da tensão de aceleração U

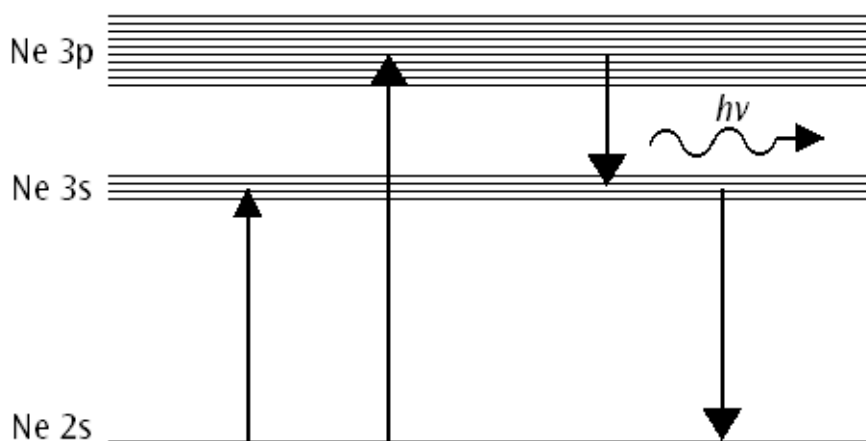


Fig. 4 Esquema energético dos átomos de neônio