

FÍSICA EXPERIMENTAL IV

Laboratório de Física Moderna

Experiência de Franck-Hertz

1. Objectivos da experiência

Pretende-se com esta experiência observar a quantificação dos níveis energéticos do átomo, e medir a energia de 1ª excitação do átomo de ^{80}Hg .

2. Fundamentos teóricos

2.1 Emissão termoiónica

Ao aquecer um metal a elevadas temperaturas, os electrões (por agitação térmica) ficam com energia suficiente para saírem da banda de condução e serem ejectados. Estes electrões são emitidos com uma energia que segue uma distribuição de Maxwell-Boltzman. Ao aplicar um potencial exterior, o número de electrões ejectados vai aumentar até saturar. Esta situação ocorre quando não é possível retirar mais electrões/segundo do metal.

Por outro lado o efeito *space-charge* acontece quando os electrões emitidos começam a acumular-se perto do cátodo formando uma nuvem electrónica de carga negativa que inibe a emissão, sendo então necessário aplicar um potencial exterior para minimizar este efeito.

2.2 Livre percurso médio

É uma grandeza que traduz a probabilidade de interacção de um electrão num gás homogéneo e representa a média dos percursos da partícula até interagir com um átomo do gás. É função do número e velocidade média das moléculas do gás (*i.e.* N e T). O livre percurso médio é dado por:

$$\bar{l} = \frac{1}{\sqrt{2}pR_0^2n}$$

onde R_0 é o raio do átomo de mercúrio e n o número de átomos por unidade de volume.

Tendo em conta que $P=nKT$, tem-se:

$$\bar{l} = \frac{kT}{P\sqrt{2}pR_0^2}$$

2.3 Colisões elásticas e inelásticas

Os electrões dentro de um gás (^{80}Hg neste caso) vão colidir e dispersar, perdendo a cada colisão parte da sua energia cinética. Nos choques elásticos a perda de energia é desprezável. Todavia, se os electrões tiverem energia cinética igual à energia de excitação de um dos níveis do átomo de Hg, o electrão transfere toda a sua energia para o átomo (colisão inelástica). Estes valores de energia são valores discretos correspondentes aos vários patamares de excitação do Hg.

2.4 Níveis energéticos do ^{80}Hg

O átomo de mercúrio tem 80 electrões e as camadas O e P estão preenchidas do seguinte modo:

- Camada O: $5s^2 5p^6 5d^{10}$
- Camada P $6s^2$

Na figura 1 estão os níveis energéticos que são relevantes para a experiência. O nível $6s$ ou 1S_0 (usando outra notação) vai ser o nível base de excitações. Na figura estão indicadas as possíveis excitações.

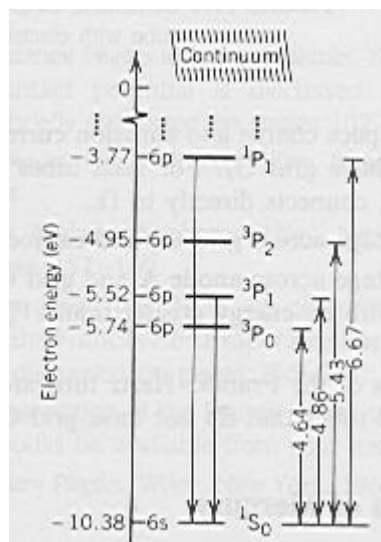


Figura 1: Níveis de energia para os últimos electrões do Hg

Contudo, nem todas as transições são permitidas. Os estados 1P_1 e 3P_1 são estados normais, com tempos de vida de aproximadamente 10^{-8}s antes de decaírem para o nível 1S_0 . Os estados 3P_2 e 3P_0 são estados metaestáveis, o seu tempo de vida é 10^{-3}s , ou seja 10^5 vezes maior que o de um estado normal. Portanto, as transições $^3P_2 \rightarrow ^1S_0$ e $^3P_0 \rightarrow ^1S_0$ são transições *proibidas*, ao contrário das transições $^3P_1 \rightarrow ^1S_0$ e $^1P_1 \rightarrow ^1S_0$ que são transições *permitidas*.

A excitação directa para a partir de 3P_0 , 3P_1 , 3P_2 e 1P_1 para 1S_0 é equiprovável.

3. Descrição experimental

3.1 Descrição do fenómeno físico e do equipamento

O elemento central para o estudo é a ampola de FH (555 85). Composta por um cátodo, um ânodo e duas grelhas, permite o "manuseamento" dos electrões emitidos por efeito termoiónico no cátodo. Existe no seu interior uma certa quantidade de ^{80}Hg , que à temperatura de trabalho ($\approx 180^\circ\text{C}$) é um vapor monoatómico. O cátodo é do tipo "oxide coated" consistindo basicamente em BaCO_3 , SrCO_3 , BaO e SrO , e é aquecido indirectamente por um filamento ao qual se aplica uma tensão (6.4V). Logo a seguir ao cátodo (2 mm) encontra-se a grelha 1 (G_1), ou grelha de "space charge", que como o nome indica serve para diminuir o efeito de "space charge" aplicando uma diferença de potencial entre ela e o cátodo - V_s . Os electrões entram assim com uma certa velocidade na zona entre G_1 e a grelha 2 (G_2), entre as quais é possível aplicar um potencial variável - V_a (de 0 a 30V). Dependendo do potencial aplicado e da temperatura dentro da ampola é possível que na distância inter-grelhas (5 mm) os electrões adquiram energia suficiente (4.86 eV) para provocar a excitação dos átomos de Hg. Em certas condições de temperatura e potencial de aceleração (V_a) é possível que aconteça igualmente a segunda excitação ($^1\text{S}_0 \rightarrow ^1\text{P}_1$ - 6.67 eV) e mesmo a ionização (10.38 eV). Na continuação do seu caminho para o ânodo, os electrões entram na última zona, a zona de desaceleração, com aproximadamente 3 mm. Nesta zona encontram um potencial de desaceleração V_d , aplicado entre o ânodo e G_2 , cujo valor vai influenciar o número de electrões que chegam ao ânodo. O fluxo de electrões recebidos no ânodo é medido como uma corrente que varia com V_a .

Para controlo dos parâmetros da experiência (temperatura dentro da ampola e tensões aplicadas) é usada a unidade de controlo de FH (555 88). A esta é ligado um forno (555 81) e um termopar (666 193) para medição da temperatura no forno.

Como suporte de leitura de dados, é usado um Sensor-CASSY (524 010), que por sua vez está ligado via porta série a um PC equipado com o *software* CASSY-Lab (524 200), que é utilizado como suporte para gravação e análise de dados.

3.2 Parâmetros da experiência

Na montagem efectuada com o equipamento já descrito, os parâmetros que se pode variar estão limitados aos permitidos pela unidade de controlo FH (555 88), visto que o adaptador da ampola liga directamente à unidade. Na unidade, podem-se controlar os potenciais V_s e V_d , o potencial de aceleração V_a , a temperatura do forno e o potencial aplicado ao filamento que aquece o cátodo (que vai ser proporcional à temperatura do mesmo).¹

4. Questões preparatórias

1. Mostre que a variação máxima da energia cinética (choque frontal) numa colisão elástica entre um electrão (massa m_e) e um núcleo de Hg (massa M) é dada pela seguinte expressão:

$$\Delta K = \frac{4m_e M}{(m_e + M)^2} K_0$$

Para valores tabelados de m_e e M calcule a razão K/K_0 , ou seja a fracção de energia inicial perdida no choque.

¹ De notar que os valores para todos estes parâmetros estão limitados aos permitidos pelo equipamento.

2. Faça um plot do livre percurso médio de um electrão em função da temperatura do gás (a N e V constantes). A pressão de vapor de mercúrio (mmHG) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) é aproximadamente dada por:

$$\log_{10} P = -2.719 + 2.51 \cdot 10^{-2} T - 2.68 \cdot 10^{-5} T^2$$

O raio atómico do Hg é aproximadamente 1.5 \AA .

3. Determine a expressão da tensão de aceleração V_a em função do raio r medido a partir do cátodo e em função da densidade de carga por unidade de comprimento do fio I . Admita que o comprimento do fio é muito maior que o seu raio. Mostre que a razão dos raios das duas primeiras camadas cilíndricas de gás onde ocorrem excitações é dada por:

$$\frac{r_{2e}}{r_e} = e^{2pe_0 4.9/I}$$

4. Determine a banda de temperaturas e de V_a para a qual o livre percurso médio garante um ganho de energia que permita que um electrão possa atingir a energia da 2^a excitação (não metaestável).

5. Procedimento

5.1 Equipamento experimental

- Ampola de FH (555 85)
- Unidade de controlo (UC) FH (555 88)
- Forno (555 81)
- Termopar (666 193)
- Sensor-CASSY (524 010)
- PC IBM compatível
- Software CASSY-Lab (524 200)

5.2 Medidas de segurança no manuseamento do material

- *Fazer todas as ligações antes de ligar a unidade de controlo.*
- *Não aplicar potenciais à ampola antes do forno atingir a temperatura de trabalho.*
- *Ter cuidado no manuseamento do forno quando ligado, devido às altas temperaturas.*

5.3 Montagem Experimental

A ampola tem que estar inserida dentro do tubo de cobre, dentro do forno.

Efectuar a ligação de todos os cabos e aparelhos:²

1. Cabos de alimentação do forno aos conectores 8 (fig 1.3) da UC.

² Para referência de figuras ver manual do equipamento (555 88).

2. Conectores 3.5 (fig. 1.1) da UC ao INPUT A do Sensor-CASSY.
3. Conectores 4.1 (fig. 1.1) da UC ao INPUT B do Sensor-CASSY.
4. Ficha DIN do `\emph{socket}` da ampola ao conector 1.1 (fig. 1.1) da UC.
5. Termopar ao conector 2.1 (fig. 1.1) da UC.
6. Introduzir o termopar no orifício apropriado do tubo de cobre (trás).
7. Ligar a terra do tubo de cobre à entrada de terra da UC.
8. **IMPORTANTE** Ligar um cabo adicional entre um dos conectores 3.5 (preferencialmente o de *ground*) à entrada de terra da UC.
9. (OPCIONAL) Ligar um osciloscópio no modo XY aos conectores 3.5 (X) e 4.1 (Y) (com o modo apropriado no botão 3.1).
10. Ligar o Sensor-CASSY (transformador).
11. Ligar a UC e esperar que a temperatura do forno alcance a de trabalho (aproximadamente meia hora).

5.4 Recolha de dados

A recolha de dados é realizada com o software CASSY-lab.

1. Abrir o ficheiro *fh.lab* no programa.
2. Escolher valores para U_1 (V_s) e U_3 (V_d) de cerca de 1.5V.
3. Adquirir um gráfico de valores de corrente do ânodo em função da tensão U_2 (V_a).³
4. Adquirir vários *plots* variando os parâmetros U_1 e U_3 , de modo a estudar a sua influência nos dados.⁴
5. Repetir o procedimento para qualquer configuração/variação de parâmetros que se julgue importante para o estudo em causa.

Procedimento Opcional

Reduzir a temperatura de funcionamento do forno de modo a poder observar a segunda excitação (temperatura de cerca de 145 °C).⁵

5.5 Tratamento de dados

Para análise dos dados obtidos, é necessário gravar o(s) ficheiro(s) com os dados obtidos. Não gravar por cima do ficheiro original (*fh.lab*).

O ficheiro obtido tem formato ASCII e pode ser lido com qualquer programa de análise de dados, como o Microcal Origin.

Para "limpar" o ficheiro de informação redundante, usar o programa LAB2DAT.exe. Abrir o ficheiro .dat no Origin ("Import ASCII"), fazer um plot e calcular as diferenças entre os picos (é aconselhado usar a função "Pick Peaks").

Estudar os resultados obtidos e comentar. Reparar na evolução da diferença entre picos e averiguar qual a melhor abordagem para obter a energia de excitação.

³ O ficheiro usado encontra-se personalizado para mostrar o plot automaticamente. Para isso basta rodar o botão 3.1 para a posição de único dente de serra e (imediatamente a seguir) iniciar a aquisição de valores (F9). No final da aquisição retornar o botão 3.1 ao modo RESET.}

⁴ O programa usado permite a sobreposição de gráficos sucessivos no mesmo ficheiro.

⁵ A experiência não foi concebida para visualizar a segunda excitação, por isso é necessário ter algumas reservas na análise dos dados aqui obtidos.

Referências

R.Pereira, T.Pereira, G.Riflet, *Experiência de Franck-Hertz, artigo de FEX5*, (2001)

Richardson, *Camb. Phil. Proc.*, 11, 286 (1901)

Child, *Phys. Rev.*, 32, 498 (1911)

E. Leon Chaffee, Ph.D, *Theory of Thermionic Vacuum Tubes*, 11, 2 (1933)

Melissinos, *Experiments in Modern Physics*, Chap 1.3 The Franck-Hertz experiment, Chap 3.2 Thermoionic emission from metals

D. Preston, E. Dietz, *The Art of Experimental Physics*, Chap. 11 Franck-Hertz experiment: Electron Spectroscopy

Allgemeinbildung
Naturwissenschaften

Berufliche
Qualifizierung

Handel



LEYBOLD DIDACTIC GmbH

10/95-Kem/Sf-

Gebrauchsanweisung
Instruction Sheet

555 88
555 861
555 872

Franck-Hertz-Betriebsgerät
Fassung zum Hg-FH-Rohr mit DIN-Stecker
Ne-FH-Verbindungskabel, 7-polig

Franck-Hertz Supply Unit
Socket for FH tube, Hg with DIN Plug
Ne-FH Connector Cable, 7-pin

Die Geräte dienen zur Untersuchung der diskreten Energieaufnahme von Atomen beim Stoß mit freien Elektronen (Elektronenstoßversuch von Franck und Hertz). Es können sowohl Versuche mit Hg-Atomen in dem geheizten Franck-Hertz-Rohr, Hg (555 85 in Rohrofen 555 81 für 230 V bzw. 555 82 für 115 V) als auch mit Ne-Atomen (Ne-FH-Rohr 555 870 mit Fassung 555 871) durchgeführt werden.

The devices described in the following permit investigation of the discrete energy absorption of atoms for collisions with free electrons (electron collision experiment of Franck and Hertz). Experiments can be carried out both with mercury atoms in a heated Franck-Hertz tube, Hg (555 85 in electric oven 555 81 for 230 V or 555 82 for 115 V) and with neon atoms (neon Franck-Hertz tube 555 870 with socket 555 871).

1 Sicherheitshinweise

- Betriebsgerät erst nach Anschluß eines Franck-Hertz-Rohres einschalten.
- Betrieb mit Hg-Rohr:
Kupferzylinder über Litze ⓑ (Fig. 3) an der gelb- grünen Sicherheitsbuchse erden!
Vor dem Einschalten Verbindung zum Rohrofen herstellen, da Netzspannung an den Ausgangsbuchsen Ⓢ in der Rückwand anliegen können.
Temperaturfühler unbedingt bis zum Anschlag in das entsprechende Sackloch ⓐ (Fig. 2) des Kupferrohres einschieben, um ein Überheizen des Hg-Rohres zu vermeiden.
Blinken der Anzeige im Display (2.6) zeigt einen Aufbaufehler in der Temperaturmessung an (s. 3.3.1)
Bei sprunghaftem Anstieg des Auffängerstromes beim Hg-Rohr die Beschleunigungsspannung U_2 sofort auf 0 V stellen. Die Gasentladung läßt sich auch als blaues Leuchten im Rohr beobachten. (s. 3.3.4)
- Betrieb mit Ne-Rohr:
Störungen der Kurve durch Netzeinstreuung, insbesondere bei oszilloskopischen Untersuchungen, lassen sich durch weitere Abschirmung und Erdung leitender Teile in der Umgebung verringern.
- Die empfindliche Elektronik des Gerätes kann durch Entladung statischer Elektrizität (ESD) beeinträchtigt werden.
Maßnahmen:
– Experimentierumgebung so wählen, daß keine elektrostatische Aufladung von Experimentator und Geräten auftreten kann, oder
– z.B. über einen geerdeten Metallstab (Anschlußstab Kat. Nr. 532 16) für Entladung sorgen.

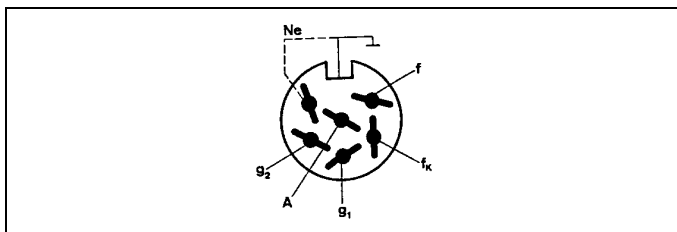
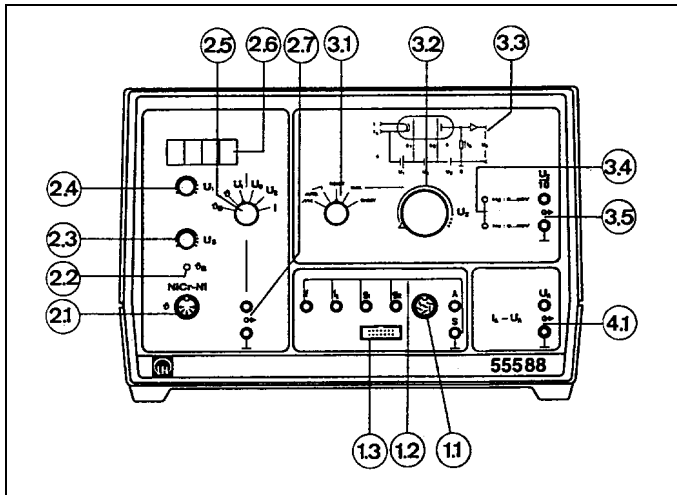
*) ESD = electrostatic discharge

1 Safety notes

- Do not switch on the supply unit until after connecting the Franck- Hertz tube.
- When using the Hg tube:
Ground the copper cylinder to the yellow and green safety socket via the lead ⓑ (Fig. 3)!
Connect the electric oven before switching on the supply unit, as mains voltage can be present at the output sockets Ⓢ on the rear panel of the apparatus.
Be sure to insert the temperature sensor all the way into the corresponding blind hole ⓐ (Fig. 2) of the copper tube to prevent overheating of the Hg tube.
A blinking display means that there is an error in the temperature measurement setup (see 3.3.1)
If the collector current in the Hg tube suddenly rises, immediately switch the acceleration voltage U_2 to 0 V. The gas discharge can be seen in the tube as a blue luminance. (s. 3.3.4)
- When using the Ne tube:
Disturbances in the curve due to mains interference, particularly in experiments using the oscilloscope, can be minimized by further screening and by grounding conductive parts in the vicinity.
- The sensitive electronics of this apparatus can be impaired or damaged by electrostatic discharge (ESD).
Measures:
– choose the experiment area so that no electrostatic charges can build up on either the experimenter or the devices, or
– ensure that such charges are discharged safely, e.g. via a grounded metal rod (connection rod, Cat. No. 532 16).

2 Beschreibung, technische Daten

2.1 Franck-Hertz-Betriebsgerät (555 88)



① Anschlußfeld

(1.1) DIN-Buchse zum Anschluß der Fassung zum Hg-FH-Rohr mit DIN-Stecker (555 861) oder für Ne-FH-Verbindungskabel, 7-polig (555 872) mit automatischer Erkennung der Ne-Röhre
Buchsenbelegung s. Fig. 1.2

(1.2) 4-mm-Buchsen für Anschlußfassung zum Franck-Hertz-Rohr (Hg) 555 86

Kennzeichnung: f, f_k: Katodenheizung
f_k: Katode
g₁: Raumladungsgitter
g₂: Beschleunigungsgitter
A: Auffänger
S: Ableitstifte

(1.3) Pfostenstecker für Verbindung zum CASSY (z.B. aus 524 007)

② Parameter- und Anzeigefeld

- (2.1) DIN-Buchse zum Anschluß des Temperaturfühlers
(2.2) Schraubenzieherpotentiometer zum Einstellen der Solltemperatur des Rohrofens für das Franck-Hertz-Rohr, Hg:
Bereich: ca. 140°C bis 210°C
Voreinstellung: 180°C
(2.3) Potentiometer zum Einstellen der Gegenspannung U_3 : 0 ... 10 V
(2.4) Potentiometer zum Einstellen der Saug- oder Steuerungsspannung U_1 : 0...5V
(2.5) Auswahlschalter für Parameter- und Meßwerte:
Solltemperatur: ϑ_s
Isttemperatur (Meßwert): ϑ
Saugspannung: U_1
Gegenspannung: U_3
Beschleunigungsspannung: U_2
Auffängerstrom (Meßwert): I
(2.6) Digitalanzeige des mit (2.5) ausgewählten Parameter- bzw. Meßwertes:
Anzeige in °C, V bzw. nA; Gegenspannung U_3 negativ

2 Description, technical data

2.1 Franck-Hertz supply unit (555 88)

Fig. 1.1
Frontbild des Franck-Hertz-Betriebsgerätes
Front panel of Franck-Hertz supply unit

Fig. 1.2
Belegung der DIN-Buchse (1.1)
Pin assignment of DIN socket (1.1)

① Connection field

(1.1) Female DIN connector for connecting the tube socket of the Franck-Hertz tube, Hg with DIN plug (555 861) or for the neon FH connecting cable, 7-pin (555 872), with automatic recognition of the Ne tube
Pin assignment see Fig. 1.2

(1.2) 4-mm sockets for connection socket of Franck-Hertz tube (Hg) 555 86

Designations: f, f_k: Cathode heating element
f_k: Cathode
g₁: Emission grid
g₂: Anode grid
A: Collector
S: Discharge pins

(1.3) Connector slot for connection to CASSY interface (e.g. from 524 007)

② Parameter and display field

- (2.1) DIN socket for connecting the temperature sensor
(2.2) Screwdriver potentiometer for setting the temperature of the electric oven for the Franck-Hertz tube, Hg:
Range: approx. 140°C to 210°C
Preset value: 180°C
(2.3) Potentiometer for setting the negative field voltage U_3 : 0 ... 10 V
(2.4) Potentiometer for setting the driving potential or control voltage U_1 : 0...5V
(2.5) Selector switch for parameters and measured values:
Set temperature: ϑ_s
Actual temperature (measured value): ϑ
Driving potential: U_1
Negative field voltage: U_3
Acceleration voltage: U_2
Measured value: I (collector current)
(2.6) Digital display of the parameter or measured value set with (2.5):
Display in °C, V or nA; negative field voltage U_3 is a negative value

(2.7) Analogausgang (4-mm-Buchsen) für Spannungsmesser (Zeigermeßgerät, Nullpunkt links) zur Anzeige der mit (2.5) ausgewählten Größe bzw. der dazu proportionalen Spannung:

dabei gilt für: ϑ_s und ϑ : $100^\circ\text{C} \cong 1\text{ V}$
 U_1 : $1\text{ V} \cong 1\text{ V}$
 U_3 : $-1\text{ V} \cong 1\text{ V}$
 U_2 : $10\text{ V} \cong 1\text{ V}$
 I : $1\text{ nA} \cong 1\text{ V}$

③ Betriebsfeld

(3.1) Betriebsartschalter:

/// schneller Sägezahn für Oszilloskop
 ↘ langsame Rampe für Schreiber
 RESET Beschleunigungsspannung wird auf 0 V gesetzt
 MAN. Manuelle Einstellung mit (3.2) für punktweise Aufnahme
 CASSY Messung mit CASSY über (1.3)

(3.2) Potentiometer zum manuellen Einstellen der Beschleunigungsspannung U_2 :

Hg: 0...30 V
 Ne: 0...80 V

(3.3) Prinzipschaltskizze des Versuchsaufbaus

(3.4) Leuchtdioden zur Anzeige des angeschlossenen Rohres:

Hg: grün, kurzzeitig unmittelbar nach Einschalten des Betriebsgerätes
 rot, wenn Ofen hochgeheizt wird
 grün im Regelbereich (Solltemperatur)
 Ne: grün, automatische Erkennung über DIN-Buchse (1.2)

(3.5) 4-mm-Ausgangsbuchsen der Beschleunigungsspannung $U_2 = 10 \cdot U$

④ Auffängerstrom-Ausgabefeld

4-mm-Ausgangsbuchsen für die zum Auffängerstrom I_A proportionalen Spannung U_A : $1\text{ V} \cong 1\text{ nA}$

(2.7) Analog output (4-mm sockets) for voltmeter (pointer meter, zero point left) for displaying the quantity selected with (2.5) resp. the voltage proportional to that quantity:

The following applies for: ϑ_s and ϑ : $100^\circ\text{C} \cong 1\text{ V}$
 U_1 : $1\text{ V} \cong 1\text{ V}$
 U_3 : $-1\text{ V} \cong 1\text{ V}$
 U_2 : $10\text{ V} \cong 1\text{ V}$
 I : $1\text{ nA} \cong 1\text{ V}$

③ Control field

(3.1) Mode switch:

/// fast sawtooth signal for oscilloscope
 ↘ slow ramp signal for recorder
 RESET resets acceleration voltage to 0 V
 MAN. manual setting with (3.2) for point-by-point recording
 CASSY measurement with CASSY via (1.3)

(3.2) Potentiometer for manually setting the acceleration voltage U_2 :

Hg: 0...30 V
 Ne: 0...80 V

(3.3) Schematic circuit diagram of the experiment setup

(3.4) LEDs for indicating the type of tube connected:

Hg: green briefly, immediately after switching on the supply unit;
 red when the oven is heating up;
 green when the system is in the control range (set oven temperature)
 Ne: green, automatic recognition via DIN socket (1.2)

(3.5) 4-mm output sockets for acceleration voltage $U_2 = 10 \cdot U$

④ Collector current output field with 4-mm output sockets for the voltage U_A proportional to the collector current I_A : $1\text{ V} \cong 1\text{ nA}$

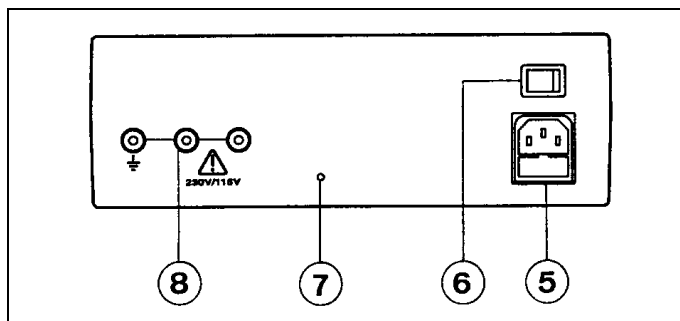


Fig. 1.3
 Rückwand des Franck-Hertz-Betriebsgerätes
 Rear panel of Franck-Hertz supply unit

⑤ Netzanschluß mit primärseitiger Sicherung
 Netzanschlußspannung: 230 V (bzw. 115 V, gemäß Aufkleber), 50/60 Hz
 Sicherung: T 2,5 bei 230 V und 115 V (698 19)
 Leistungsaufnahme: max. 30 W
 ca. 230 W mit Rohrofen

⑥ Netzschalter

⑦ Schraubenzieherpotentiometer zum Einstellen der Kathodenheizung:
 Spannungsbereich: ca. 5,9 V... 6,7 V, Voreinstellung: 6,3 V

⑧ 4-mm-Sicherheitsbuchsen zum Anschluß des Rohr-Ofens (555 81 bzw. 82) für das Franck-Hertz-Rohr, Hg

Abmessungen: 21 cm * 30 cm * 23 cm

Masse: 3 kg

Im Lieferumfang enthalten (o. Abb.): Verbindungskabel 14 polig, zum Anschluß eines CASSY-Interfaces an das Betriebsgerät über den Pfostenstecker (1.3).

⑤ Mains connection with primary-side fuse
 Connection voltage: 230 V (or 115 V, according to label), 50/60 Hz
 Fuse: T 2.5 at 230 V and 115 V (698 19)
 Power consumption: max. 30 W
 approx. 230 W with electric oven

⑥ Mains switch

⑦ Screwdriver potentiometer for setting the cathode heating:
 Voltage range: approx. 5.9 V... 6.7 V, default setting: 6.3 V

⑧ 4-mm safety sockets for connecting the electric oven (555 81 or 82) for the Franck-Hertz tube, Hg

Dimensions: 21 cm * 30 cm * 23 cm

Weight: 3 kg

Included in scope of supply (not shown): 14-conductor connector cable for connecting a CASSY interface to the supply unit via the connector slot (1.3).

2.2 Fassung zum Hg-FH-Rohr mit DIN-Stecker (555 861)

2.2 Socket for Franck-Hertz tube, Hg with DIN plug (555 861)

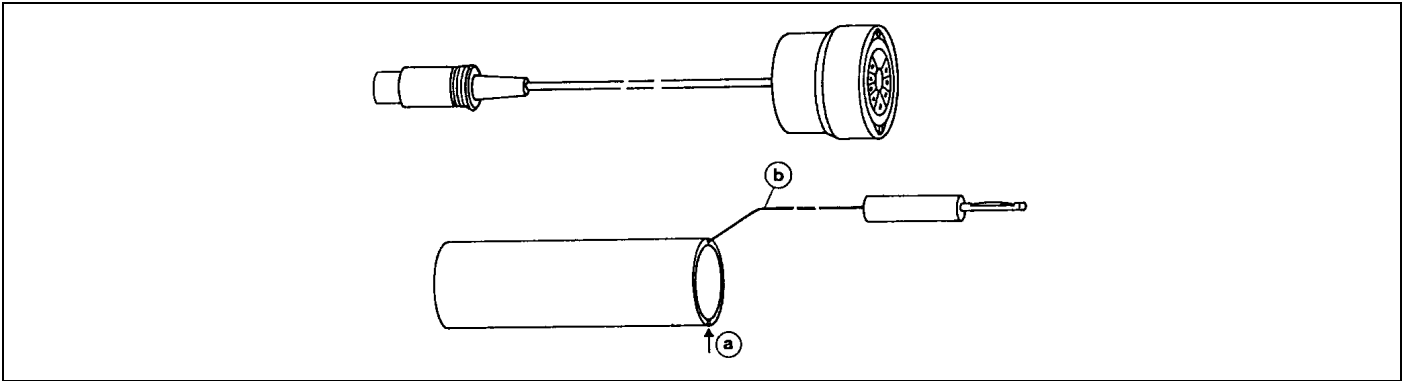


Fig. 2 Fassung mit Kupferrohr

Fig. 2 Socket with copper tube

Zum Anschluß des Franck-Hertz-Rohres, Hg (555 85) an die DIN-Buchse (1.2) des Betriebsgerätes.

Keramik-Fassung mit 6-adriger Anschlußleitung; Ader für Auffängerstrom und DIN-Stecker geschirmt. Mit eingebautem Vorwiderstand für die Katodenheizung.

Kupferrohr zur Adaptierung des Franck-Hertz-Rohres, Hg, an den Durchmesser des Rohrofens (555 81) sowie zu Abschirmung des Hg-Rohres gegen Störfelder durch Erdung über eine Kupferlitze **b** mit 4-mm-Stecker; mit Sackloch **a** für die Meßspitze eines Temperaturfühlers.

2.3 Ne-FH-Verbindungskabel, 7-polig (555 872)

Zum Anschluß der Fassung für Ne-Franck-Hertz-Rohr (555 871) mit Ne-FH-Rohr (555 870) über die DIN-Buchse (1.2) an das Betriebsgerät.

6-adriges Kabel; Ader für Auffängerstrom und DIN-Stecker geschirmt.

For connecting the Franck-Hertz tube, Hg (555 85) to the DIN socket (1.2) of the supply unit.

Ceramic socket with 6-conductor cable; conductor for collector current and DIN plug screened. With built-in series resistor for cathode heater.

Copper tube for matching the Franck-Hertz tube, Hg, to the diameter of the electric oven (555 81) and for screening the Hg tube from interference fields by grounding via a copper lead **b** with 4-mm plug; with blind hole **a** for the measuring tip of a temperature sensor.

2.3 Neon FH connector cable, 7-pin (555 872)

For connecting the socket for neon Franck-Hertz tube (555 871) with attached neon Franck-Hertz tube (555 870) via the DIN socket (1.2) on the supply unit.

6-conductor cable; conductor for collector current and DIN plug screened.

3 Bedienung

3.1 Betriebsmittel

3.1.1 Versuchsdurchführung mit dem Franck-Hertz-Rohr, Hg (555 85):

3 Operation

3.1 Equipment required

3.1.1 Experiment procedure with the Franck-Hertz tube, Hg (555 85):

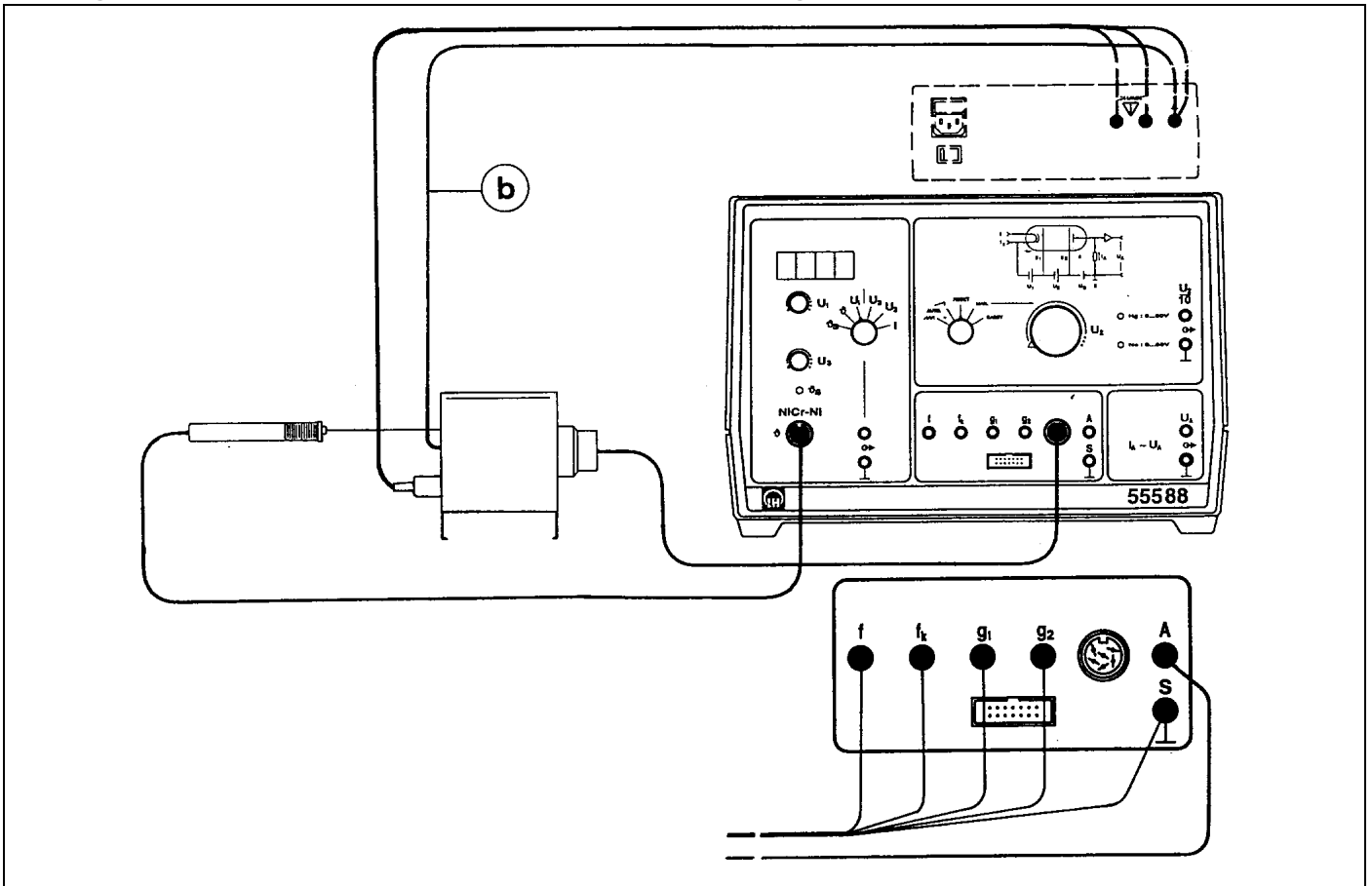


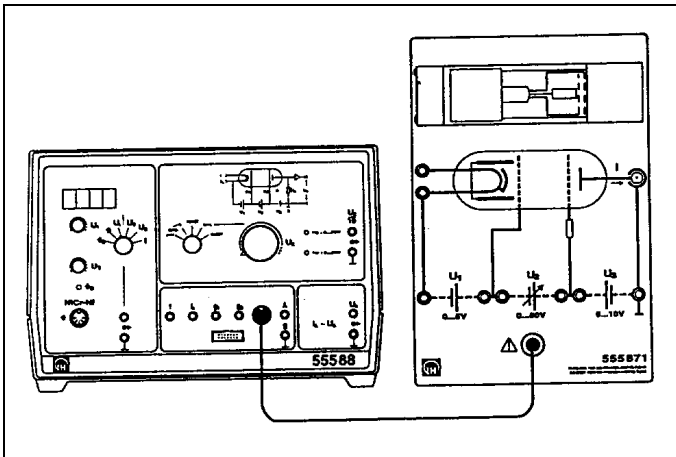
Fig. 3
Anschluß des Hg-FH-Rohres mit Ofen und Temperaturfühler; Temperaturfühler bis zum Anschlag in Sackloch (a) (siehe auch Fig. 2) einschieben; Kupferzylinder über Litze (b) an der gelb-grünen Sicherheitsbuchse erden.

Fig. 3
Connection of the Franck-Hertz tube, Hg with oven and temperature sensor. Insert temperature sensor in the blind hole (a) (see also Fig. 2) all the way; ground the copper tube to the yellow-green safety socket using the copper lead (b).

1 Franck-Hertz-Rohr, Hg	555 85
1 Anschlußfassung zum FH-Rohr (Hg) mit DIN-Stecker	555 861
oder	
1 Anschlußfassung zum FH-Rohr (Hg) mit 4-mm-Steckern (s. Nebenskizze in Fig. 3)	555 86
1 Elektrischer Rohröfen für 230 V ~	555 81
oder für 115 V ~	555 82
1 Temperaturfühler	666 193

1 Franck-Hertz tube, Hg	555 85
1 Connection socket for FH tube (Hg) with DIN plug	555 861
oder	
1 Connection socket for FH tube (Hg) with 4-mm plugs (see inset diagram Fig. 3)	555 86
1 Electric oven for 230 V AC	555 81
or for 115 V AC	555 82
1 Temperature sensor	666 193

3.1.2 Versuchsdurchführung mit dem Ne-Franck-Hertz-Rohr (555 870):



3.1.2 Experiment procedure with the neon Franck-Hertz tube (555 870):

- Fig. 4
Anschluß der Ne-FH-Rohres
- 1 Ne-FH-Verbindungskabel 555 872
 - 1 Fassung für Ne-FH-Rohr 555 871
 - 1 Ne-FH-Rohr 555 870

- Connecting the Ne-FH tube
- 1 Ne-FH connector cable 555 872
 - 1 Holder for Ne-FH tube 555 871
 - 1 Neon Franck-Hertz tube 555 870

3.2 Meßmittel

3.2.1 Punktweise, manuelle Aufnahme der Kurve:

Zur punktweise Aufnahme der Kurve im Praktikumsversuch ist eine weiteres Meßgerät nicht unbedingt erforderlich. Spannungs- und Stromwerte jeweils durch Umschalten des Auswahlschalters (2.5) zwischen U_2 und I im Display (2.6) ablesen.

3.2 Measuring equipment

3.2.1 Manual point-wise recording of a curve:

You do not absolutely require an additional measuring device to record a curve point by point. Voltage and current values can be read from the display (2.6) of the supply unit by switching the selector switch (2.5) between U_2 and I .

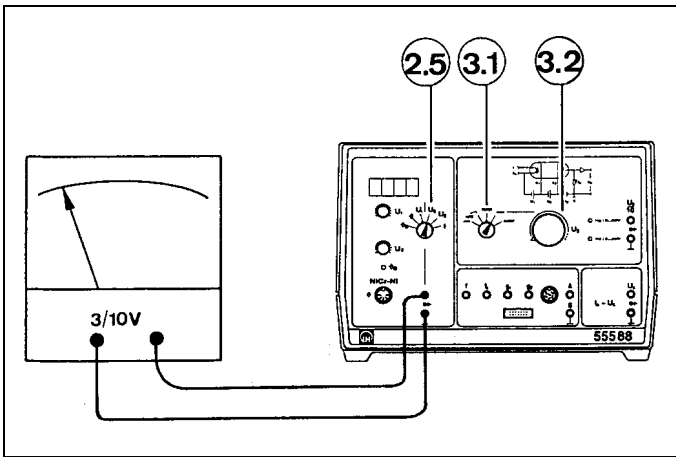


Fig. 5.1
Punktweise Aufnahme der Kurve mit *einem* Zeigermeßgerät, Meßbereich 3/10 V DC (z. B. 531 94 oder 531 911) Betriebsartschalter (3.1) auf MAN. Die Beschleunigungsspannung wird mit dem Potentiometer (3.2) eingestellt. Meßwertaufnahme jeweils durch Umschalten des Auswahlschalters (2.5) zwischen U_2 und I

Point-by-point recording of a curve with a pointer meter, measuring range 3/10 V DC (e.g. 531 94 or 531 911) Mode switch (3.1) is set to MAN. The acceleration voltage is set using the potentiometer (3.2). Measured values are recorded by switching the selector switch (2.5) between positions U_2 and I

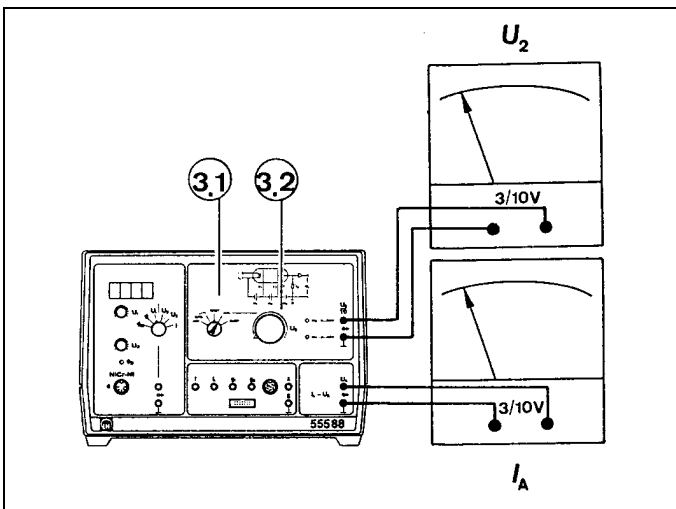


Fig. 5.2
Punktweise Aufnahme der Kurve mit *zwei* Zeigermeßgeräten, Meßbereich 3/10 V – (z. B. 531 94 oder 531 911) Betriebsartschalter (3.1) auf MAN. oder ↗ Spannung U_2 mit (3.2) wählen

Point-by-point recording of a curve with two pointer meters, measuring range 3/10 V DC (e.g. 531 94 or 531 911) Mode switch (3.1) set to MAN. or ↗ Set the voltage U_2 with (3.2)

3.2.2 Automatische Aufzeichnung mit einem XY-Schreiber:

3.2.2 Automatic recording with an XY-recorder:

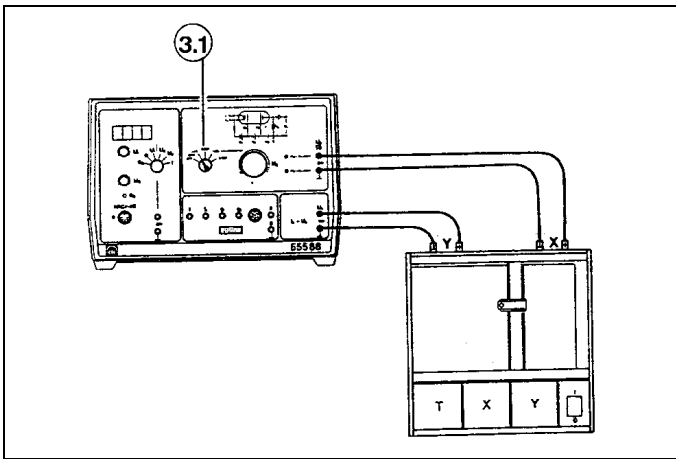


Fig. 6

Aufnahme der Kurve mit einem XY-Schreiber (z. B. 575 622) Betriebsartschalter (3.1) auf \nearrow stellen, so daß die Beschleunigungsspannung kontinuierlich erhöht wird. Vor Umschalten auf RESET den Stift des XY-Schreibers abheben.

Recording the curve with an XY-recorder (e.g. 575 622) Set the mode switch (3.1) to \nearrow so that the acceleration voltage increases continuously. Raise the pen of the XY-recorder before switching to RESET.

3.2.3 Oszilloskopische Darstellungen

3.2.3 Oscilloscope displays

Gerade durch die Möglichkeit der oszilloskopischen Darstellung läßt sich der Einfluß der verschiedenen Parameter (U_1 , U_3 , ggfs. ϑ) auf die FH-Kurve direkt beobachten.

Oscilloscope display allows the students to directly observe the influence of the various parameters (U_1 , U_3 and, if desired, ϑ) on the FH curve.

- 1 Oszilloskop z.B. 575 211
- 2 Meßkabel BNC/4mm 575 24
- evtl: 1 Spannungsmessgerät z.B. 531 94

- 1 Oscilloscope e.g. 575 211
- 2 Screened cables BNC/4mm 575 24
- optional: 1 Voltmeter e.g. 531 94

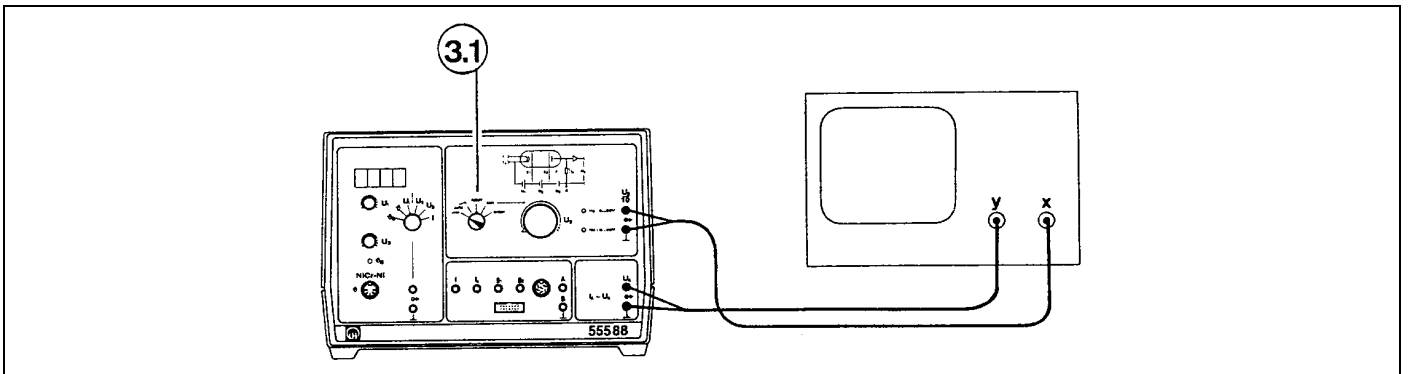


Fig. 7

Oszilloskopische Darstellung der Kurve Betriebsartschalter (3.1) auf \swarrow stellen, so daß die Beschleunigungsspannung U_2 sägezahnförmig an die FH-Röhre angelegt wird.

Fig. 7

Oscilloscope display of the curve Set mode switch (3.1) to \swarrow so that the acceleration voltage is applied to the FH tube as a sawtooth signal.

3.2.4 Computerunterstützte Aufzeichnung mit CASSY:

3.2.4 Computer-supported measured-value recording with CASSY:

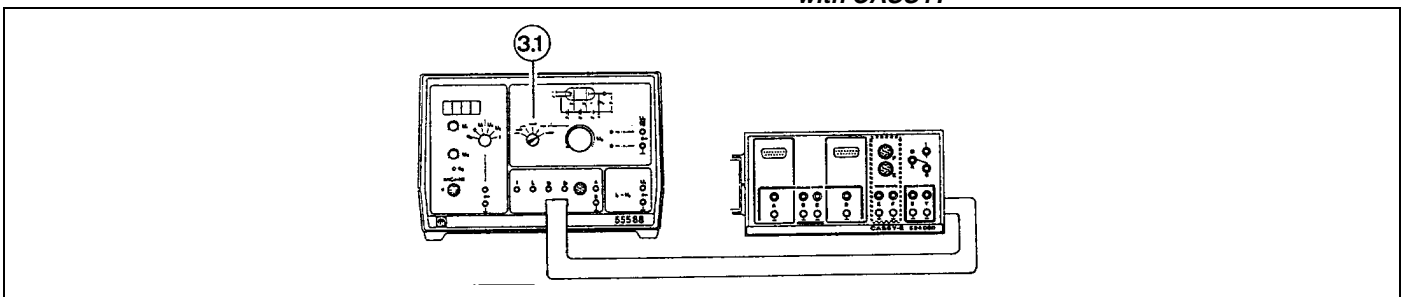


Fig. 8

Computerunterstützte Aufzeichnung mit CASSY Bei der computerunterstützten Aufzeichnung der Franck-Hertz-Kurve wird die Beschleunigungsspannung per Software durch das CASSY-Interface vorgegeben (Betriebswahlschalter (3.1) auf CASSY)

Fig. 8

Computer-supported measured value recording with CASSY In computer-supported recording of the Franck-Hertz curve, the acceleration voltage is controlled by the software via the CASSY interface (set mode switch (3.1) to CASSY)

- 1 CASSYpack E 524 007
- 1 Software "Universelle Meßwerterfassung" 525 031
- Meßbeispiel auf der Diskette als Voreinstellung des Programms für eigene Messungen nutzbar

- 1 CASSYpackE 524 007
- 1 Software "Universal Data Acquisition" 525 032
- You can use the measuring example supplied on the disk to record measured values for your own experiments

3.3 Versuchsdurchführung

Versuch gemäß Fig. 3 - 8 aufbauen und Betriebsgerät einschalten.

3.3.1 Temperatureinstellung (s. Fig. 1.1, Fig. 3)

Nur für Versuchsdurchführungen mit dem Franck-Hertz-Rohr (Hg) notwendig. Das Ne-FH-Rohr wird bei Raumtemperatur betrieben. Dieses ist schon nach ca. 1 min (Aufheizzeit der Kathode) betriebsbereit.

Rohr an ⑧ anschließen, Temperaturfühler in das Sackloch ⑨ schieben und an (2.1) anschließen. Anschließend Betriebsgerät an ⑥ einschalten: Nach wenigen Sekunden leuchtet die LED (3.4) für die Hg-Röhre rot auf (Aufheizen des Ofens).

Das Erreichen der Betriebstemperatur der Hg-Röhre im Rohr-Ofen abwarten (ca. 10 bis 15 min.): Die LED-Anzeige (3.4) leuchtet grün.

Achtung! Blinken der Anzeige im Display (2.6) zeigt einen Aufbaufehler in der Temperaturmessung an:

- Temperaturfühler ist nicht an DIN-Buchse (2.1) angeschlossen: Blinken sofort nach Einschalten des Betriebsgerätes.
- Temperaturfühler ist nicht in das Sackloch des Kupferzylinders eingesteckt: Blinken einige Minuten nach Einschalten des Betriebsgerätes: Der Ofen kann sich schon etwas aufgeheizt haben!
- Temperaturfühler ist nach Erreichen der Betriebstemperatur aus dem Sackloch des Kupferzylinders herausgefallen: Blinken einige Sekunden nach Herausfallen.

3.3.2 Einstellung der Meßmittel

- Beschleunigungsspannung U_2 :
10 V \pm 1V am Ausgang (3.5) oder (2.7)

	Hg	Ne
Spannungsmessgerät:	0...3 V-	0...10 V-
XY-Schreiber, X-Achse:	Var. ca. 0,1 V/cm	Var. ca. 0,3 V/cm
Oszilloskop, X-Achse:	Cal. 0,5 V/cm	Cal. 1 V/cm
Auffängerstrom I :	1 nA \pm 1 V am Ausgang ④ oder (2.7)	
Spannungsmessgerät:	0...15 V	
XY-Schreiber, Y-Achse:	Var. ca. 1 V/cm	
Oszilloskop, Y-Achse:	Cal. ca. 2 V/cm	

3.3.3 Einstellung der Rohrparameter

- Versuchsdurchführungen ohne Oszilloskop (Fig. 5.1/ 2, Fig. 6): Betriebsartschalter (3.1) auf MAN. stellen: Die Beschleunigungsspannung U_2 läßt sich über das Potentiometer (3.2) variieren.

Parameterspannungen U_1 und U_3 einstellen:

typische Werte: Hg-Rohr: $U_1 = 1,5$ V $U_3 = 1,5$ V
Ne-Rohr: $U_1 = 3$ V $U_3 = 8$ V

Die Beschleunigungsspannung langsam erhöhen und dabei den Verlauf des Auffängerstromes I (bzw. die dazu proportionale Spannung U_A) beobachten.

- Versuchsdurchführungen mit Oszilloskop (Fig. 7): Betriebsartschalter (3.1) auf ∞ stellen: Die Beschleunigungsspannung U_2 wird automatisch mit einem Sägezahnverlauf auf jeweils maximal 30 V bzw. 80 V gefahren. Auf dem Bildschirm läßt sich ein Verlauf gemäß Fig. 9.1 beobachten

3.3 Experiment procedure

Set up the experiment as shown in Figs. 3 - 8 and switch on the supply unit.

3.3.1 Setting the temperature (see Fig. 1.1, Fig. 3)

Only required for experiments with the Franck-Hertz tube, Hg. The neon Franck-Hertz tube operates at room temperature, and is ready for operation after approx. 1 min (cathode warm-up time).

Connect the electric oven to ⑧; insert the temperature sensor in the blind hole ⑨ and connect it to the DIN socket (2.1). Then switch on the supply unit with ⑥: after a few seconds, the LED (3.4) for the Hg tube lights up red (oven heating up).

Wait until the electric oven reaches the operating temperature of the Hg tube (approx. 10 to 15 min.): The LED indicator (3.4) for the Hg tube turns green.

Attention! A blinking display (2.6) means that there is an error in the temperature measuring setup:

- The temperature sensor is not connected to the DIN socket (2.1). The display starts to blink immediately when the supply unit is switched on.
- The temperature sensor is not inserted in the blind hole of the copper cylinder. Blinking starts some minutes after the supply unit is switched on: the oven may have heated up somewhat!
- The temperature sensor has fallen out of the blind hole of the copper cylinder after the operating temperature has been reached. Blinking starts a few seconds after the sensor falls out.

3.3.2 Setting the measuring instruments

- Acceleration voltage U_2 :
10 V \pm 1V at output (3.5) or (2.7)

	Hg	Ne
Voltmeter:	0...3 V DC	0...10 V DC
XY-recorder, X-axis:	Var. approx. 0,1 V/cm	Var. approx. 0,3 V/cm
Oscilloscope, X-axis:	Cal. 0,5 V/cm	Cal. 1 V/cm
Collector current I :	1 nA \pm 1 V at output ④	
Voltmeter:	0...15 V	
XY-recorder, Y-axis:	Var. approx. 1 V/cm	
Oscilloscope, Y-Axis:	Cal. approx. 2 V/cm	

3.3.3 Setting the tube parameters

- Experiments without oscilloscope (Fig. 5.1/ 2, Fig. 6): Set mode switch (3.1) to MAN.: you can vary the acceleration voltage U_2 using the potentiometer (3.2).

Setting the parameter voltages U_1 and U_3 :

Typical values: Hg tube: $U_1 = 1.5$ V $U_3 = 1.5$ V
Ne tube: $U_1 = 3$ V $U_3 = 8$ V

Slowly increase the acceleration voltage and observe the curve of the collector current I (resp. the voltage U_A proportional to it).

- Experiments with oscilloscope (Fig. 7): Set mode switch (3.1) to ∞ : The acceleration voltage U_2 is automatically run up to 30 V resp. 80 V in a sawtooth signal. On the oscilloscope screen, you can observe a curve like the one shown in Fig. 9.1.

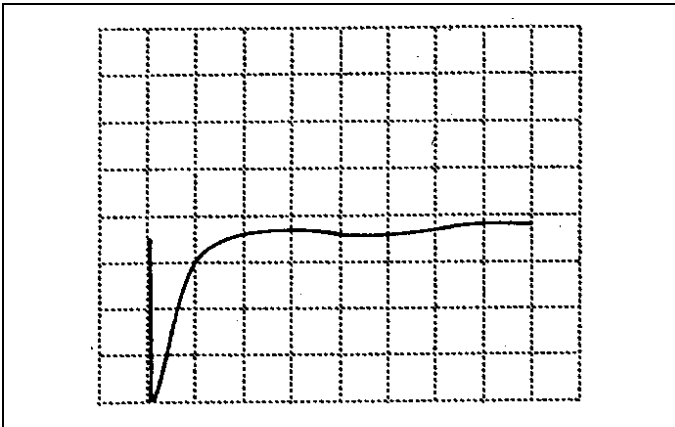


Fig. 9.1
Bildschirmkurve ohne angelegte Parameterspannungen U_1 und U_3
Der Verlauf der Kurve ist durch die angekoppelte Kapazität der Kabel und Röhren durch Umladeströme bedingt. Bei wellenförmigem Verlauf - insbesondere beim Ne-Rohr - ist auf eine bessere Schirmung gegen Netzstörungen zu achten, z.B. durch Erdung des Demonstrations- Experimentier-Rahmens.

Display of curve on screen without parameter voltages U_1 and U_3
The shape of the curve is influenced by discharge currents caused by the capacitances of the cables, leads and tubes. If the curve shows a wave form - particularly for the Ne tube - screen the setup better against mains interference, e.g. by grounding the demonstration panel frame.

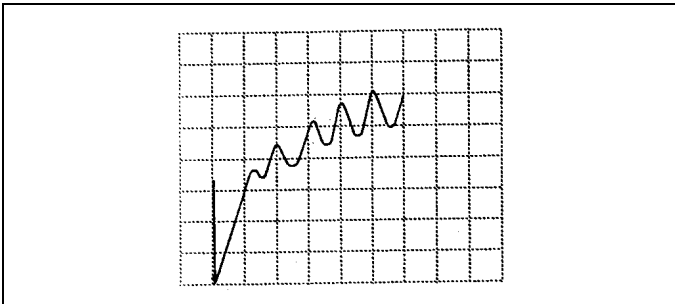


Fig. 9.2
Kurve des Hg-Rohres
Curve of the Hg tube

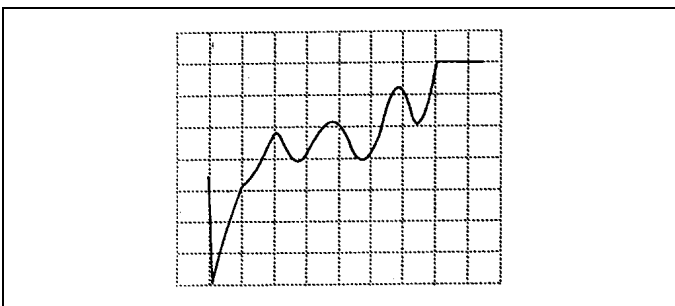


Fig. 9.3
Kurve des Ne-Rohres
Curve of the Ne tube

Gegenspannung U_3 einstellen: Typische Werte: Hg-Rohr 1,5 V / Ne-Rohr 8 V

Setting the negative field voltage U_3 : typical values: Hg tube 1.5 V / Ne tube 8 V

Der Verlauf der Kurve auf dem Oszilloskop verändert sich dadurch nicht.

The curve form shown on the oscilloscope does not change. Slowly increase the driving potential U_1 and observe the curve: the typical Franck-Hertz curve appears on the screen.

Saugspannung U_1 langsam erhöhen. Dabei die Kurve beobachten: Es bildet sich die typische Franck-Hertz-Kurve aus.

3.3.4 Optimierung der FH-Kurve

3.3.4 Optimizing the Franck-Hertz curve

Ist der Kurvenverlauf nach Einstellung der Betriebsparameter gemäß Abschnitt 3.3.1 / 3 noch unbefriedigend, so ist deren Optimierung durch röhrenspezifische Maßnahmen sowie durch Anpassung der Parameter an das speziell verwendete FH-Rohr möglich.

If the form of the curve is still unsatisfactory even after setting the operating parameters as described in section 3.3.1 / 3, you can optimize it both by tube-specific measures and by matching the parameters to the FH tube you are currently using.

3.3.4.1 Hg- und Ne-Rohr

3.3.4.1 Hg and Ne tubes

Durch Erhöhen der Saugspannung U_1 wird die Elektronenwolke vor der Katode abgebaut. Es können mehr Elektronen emittiert werden, d.h. der Querstrom durch die Rohr wird erhöht.

Increasing the driving potential U_1 dissipates the electron cloud in front of the cathode. As a result, more electrons can be emitted, i.e. the transverse current through the tube is increased.

Durch Erhöhen der Gegenspannung U_3 können nur Elektronen den Auffänger erreichen, deren Energie entsprechend hoch ist, d.h. der Auffängerstrom wird verkleinert.

When the negative field voltage U_3 is increased, only electrons with a correspondingly high energy can reach the collector, i.e. the collector current is reduced.

- Maxima sind sehr flach, Auffängerstrom sehr klein:
Saugspannung U_1 erhöhen (oder bei Hg-Rohr Ofentemperatur senken s. u. ; bei Ne-Rohr Katodenheizspannung vergrößern s. u.)
- Kurve ist schlecht ausgeprägt:
Gegenspannung U_3 verändern

- Maxima are extremely flat, collector current very low:
increase the driving potential U_1 (or for the Hg tube reduce the oven temperature, see below; on the Ne tube increase the cathode heating voltage, see below).
- Curve form is not readily apparent:
Vary the negative field voltage U_3 .

- Maxima sind zu hoch (Kurve wird oben "abgeschnitten"): Saugspannung U_1 verkleinern oder/und Gegenspannung vergrößern. (bei Ne-Rohr Katodenheizspannung senken s. u.)
- Minima laufen gegen 0 (Kurve wird unten "abgeschnitten"): Gegenspannung U_3 verkleinern oder/und Saugspannung U_1 vergrößern.

3.3.4.2 Hg-Rohr:

Durch Erhöhen der Ofen- bzw. Rohrtemperatur wird der Hg-Dampfdruck und damit die Stoßwahrscheinlichkeit für die Elektronen erhöht, d.h. der Quer- und Auffängerstrom verkleinert.

- Auffängerstrom steigt sprunghaft an (Gasentladung infolge einer zu niedrigen Ofentemperatur): Sofort Beschleunigungsspannung U_2 auf 0 V bzw. den Betriebsartschalter (3.1) auf RESET stellen. Die Gasentladung läßt sich auch als blaues Leuchten im Rohr beobachten. Falls das thermische Gleichgewicht nach Einschalten des Rohres tatsächlich schon erreicht war (ggfs. noch einige Minuten abwarten) muß die Ofentemperatur über die Einstellung des Sollwertes am Schraubenzieherpotentiometer (2.2) erhöht werden.
- Kurve ist sehr flach, insbesondere die ersten Maxima sind nicht ausgebildet (Ofentemperatur zu hoch): Ofentemperatur über Einstellung des Sollwertes am Schraubenzieherpotentiometer (2.2) erniedrigen. Einige Minuten abwarten, bis sich das neue thermische Gleichgewicht eingestellt hat.

3.3.4.3 Ne-Rohr:

Bei fest angelegter Beschleunigungsspannung U_2 (ca. 70 V) sollen sich bei Erhöhen der Saugspannung U_1 drei sichtbare Leuchtschichten zwischen den beiden Gittern ausbilden.

Durch Erhöhen der Heizspannung wird die Temperatur der Kathode und damit der Emissionsstrom vergrößert.

- Auffängerstrom zu groß, insbesondere bei oszilloskopischer Untersuchung läßt sich die Kurve fast nicht einstellen. Im Rohr ist schon bei kleiner Saugspannung ein helles Leuchten zu beobachten:
Die Katodentemperatur durch Verkleinern der angelegten Spannung am Schraubenzieherpotentiometer ⑦ erniedrigen.
- Auffängerstrom zu klein, Maxima bilden sich fast nicht aus. Es lassen sich auch bei großer Saugspannung zwischen den Gittern keine Leuchtschichten beobachten:
Die Katodentemperatur durch Vergrößern der angelegten Spannung am Schraubenzieherpotentiometer ⑦ erhöhen.

- Maxima are too high (top of curve is "cut off"): decrease the driving potential U_1 and/or increase the negative field voltage (on the Ne tube, lower the cathode heating voltage, see below).
- Minima approach 0 (bottom of curve is "cut off"): decrease the negative field voltage U_3 and/or increase the driving potential U_1 .

3.3.4.2 Hg tube:

Raising the oven or tube temperature increases the Hg vapor pressure, and thus the probability of electron collisions, i.e. the transverse and collector currents are reduced.

- Collector current abruptly jumps (gas discharge as a result of insufficient oven temperature): immediately set the acceleration voltage U_2 to 0 V and the mode switch (3.1) to RESET. The gas discharge may be observed in the tube as a blue luminance. If the thermal equilibrium was already established when the tube was switched on (if necessary, wait a few minutes), you must increase the oven temperature by changing the set value on the screwdriver potentiometer (2.2).
- Curve is very flat, particularly the first maxima are poorly defined (oven temperature too high): Reduce the oven temperature by changing the set value on the screwdriver potentiometer (2.2). Wait a few minutes until the new thermal equilibrium is reached.

3.3.4.3 Ne tube:

When a fixed acceleration voltage U_2 (approx. 70 V) is supplied, three visible luminance layers should form between the grids when the driving potential U_1 is increased.

Raising the heating voltage increases the temperature of the cathode, and thus the emission current.

- Collector current too high, particularly in oscilloscope observations it is almost impossible to adjust the curve; a bright luminance can be seen between the grids at a low driving potential:
Lower the cathode temperature by reducing the applied voltage via the screwdriver potentiometer ⑦.
- Collector current too low, maxima barely noticeable; no luminance layers can be seen between the grids even at a high driving potential:
Raise the cathode temperature by increasing the applied voltage via the screwdriver potentiometer ⑦.

4 Sicherungsaustausch

Wenn weder der Netzschalter ⑥ noch das Display (2.6) und die Anzeigedioden (3.4) aufleuchten, so ist die Sicherung durchgebrannt.

- Einsatz ① mit Fassung für Sicherung ② und Reservesicherung ③ heraushebeln (Fig. 7).
- Defekte Sicherung durch neue, auf Sicherheitswert überprüfte Sicherung ersetzen.
- Reservesicherung einsetzen und Einsatz wieder einschieben.

4 Replacing the fuse

If neither the mains switch ⑥ nor the display (2.6) and the indicator LEDs (3.4) light up, the fuse is blown.

- Pry the insert ① with socket for fuse ② and spare fuse ③ out of its fitting (Fig. 10).
- Replace the old fuse with a new one. Check to make sure that the new fuse has the proper protection values.
- Put in the reserve fuse and replace the insert in the device.

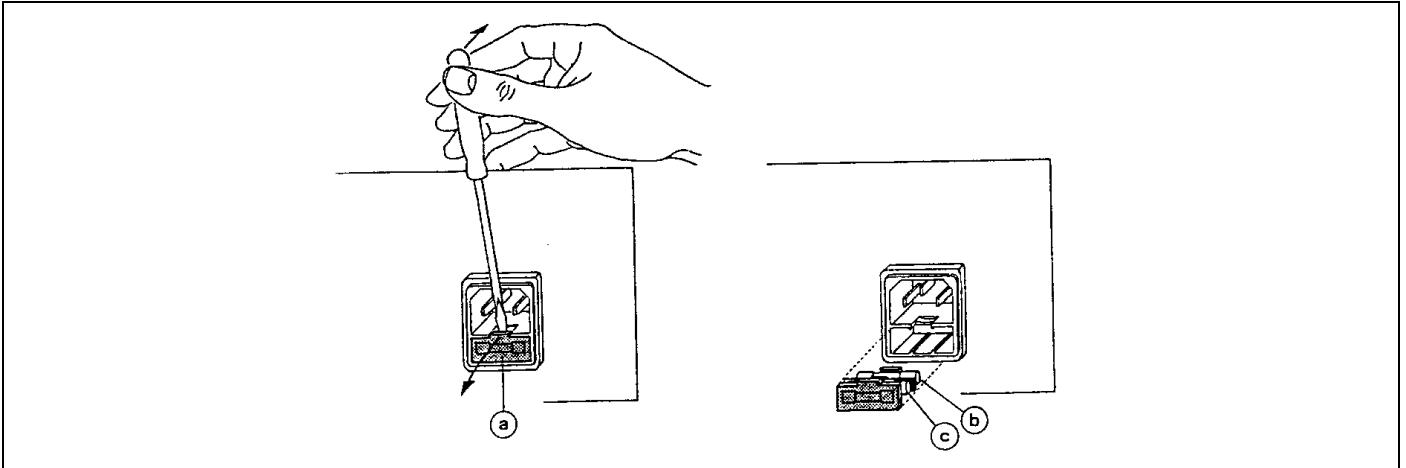


Fig. 10

Wichtig:

Wenn der Netzschalter, aber weder das Display noch die Anzeigedioden leuchten, liegt ein Defekt vor und die Ursache muß im Werk behoben werden.

Important:

If the mains switch lights up, but neither the display nor the LEDs light up, there is a fault in the device which must be repaired at the factory.