

Physik

Chemie · Biologie

Technik



LEYBOLD DIDACTIC GMBH

12/88 -Sf-

## Gebrauchsanweisung Instruction Sheet

555 85/86

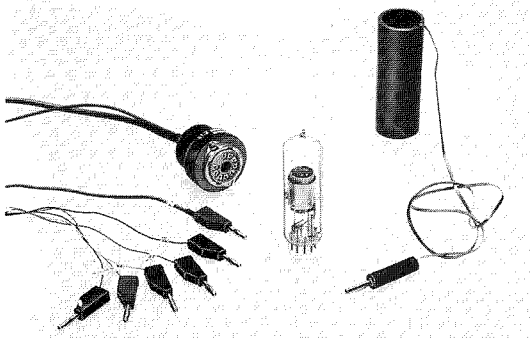


Fig. 1

### Franck-Hertz-Rohr

### Anschlußfassung zum Franck-Hertz-Rohr

### Franck-Hertz Tube

### Socket for Franck-Hertz Tube

Das Franck-Hertz-Rohr dient der Demonstration der diskontinuierlichen Energieabgabe von freien Elektronen an Quecksilber-Atome (Elektronenstoß-Versuch von Franck und Hertz).

The Franck-Hertz tube is used to demonstrate the discontinuous emission of energy of free electrons to mercury atoms (electron collision experiment by Franck and Hertz).

#### Literaturhinweise:

- Buch "I-Meßverstärker D" (532 031)
- Buch "TY-Schreiber, XY-Schreiber" (575 741)
- Buch "Atom- und Kernphysik" (599 861\*)
- Buch "Versuchsbeschreibungen '87" (599 891)

#### Bibliography:

- Monograph "Current measuring amplifier" (532 032)
- Monograph "TY recorder, XY-recorder" (575 742)
- Book "New Physics Leaflets for Colleges and Universities", Volume 1 (599 952\*)
- Book "New Physics Leaflets for Colleges and Universities, Volume 2" (599 892)

#### 1 Sicherheitshinweise

- Vakuumrohr mit Quecksilber-Füllung (ca. 5 g)! Implosionsgefahr bei Stoß, Fall u.ä.! Bei Glasbruch Quecksilber einsammeln und beseitigen (Quecksilber-Adsorbens, 306 83).
- Spannungen nicht an das kalte Rohr legen (Kurzschlußgefahr durch metallisches Quecksilber zwischen den Elektroden).
- Beim Auftreten von Gasentladung, angezeigt durch sprunghaften Stromanstieg, sofort beide Gitterspannungen auf 0 stellen.  
  
Die heißen Geräte mit einem hitzebeständigen Lappen oder Handschuh anfassen.
- Durch Kontrolle der Ofentemperatur (bzw. -spannung) sicherstellen, daß die max. zulässige Temperatur für das Franck-Hertz-Rohr nicht überschritten wird (200 °C dauernd, 220 °C kurzzeitig).

#### 1 Safety Precautions

- Vacuum tube with mercury filling (approx. 5 g). Danger of implosion by impact, fall or similar. In case of breakage, collect and eliminate the mercury (using mercury adsorbens, 306 83).
- Do not apply any voltages to the cold tube (risk of short-circuit by metallic mercury between the electrodes).
- If gas discharge occurs, as indicated by abrupt current rise, immediately set both grid voltages to 0.
- Handle the hot pieces of equipment using a heat-resistant cloth or gloves.
- Ensure via control of the oven temperature (i.e. the oven voltage) that the maximum temperature limit for the Franck-Hertz tube is not exceeded (permanent operation 200 °C, short-term peak value 220 °C).

\*) Die Geräteliste sowie die Schaltung (Fig. 2) in Versuch 6.2.5-1/2 sind leider fehlerhaft. Bitte ersetzen Sie den dort angegebenen 100-k $\Omega$ -Widerstand (536 25) durch den Widerstand 10 k $\Omega$  (536 19), und bauen Sie die Anordnung nach Fig. 3.1 der vorliegenden Gebrauchsanweisung auf.

\*) Unfortunately the parts list and the connection diagram (fig. 2) in experiment 6.2.5-2 are not correct. Please replace the 100 k $\Omega$  resistor indicated there (536 25) with an 10 k $\Omega$  resistor (536 19) and set up the assembly according to fig. 3.1 of this instruction sheet.

## 2 Beschreibung, technische Daten

### 2.1 Franck-Hertz-Rohr (555 85)

- ① Vakuum-Röhre mit zylindrisch angeordnetem Elektrodensystem, Ableitstiften für Kriechströme und mit ca. 5 g metallischem Quecksilber  
 Heizspannung und -strom: 3,15 V; 0,4 A  
 (durch Widerstand in der Anschlußfassung, 555 86, einer 6,3-V-Versorgung angepaßt)  
 Steuerspannung  $U_1$  zwischen Katode und Gitter  $g_1$ : 0 ... 4 V-  
 Beschleunigungsspannung  $U_2$  zwischen Gitter  $g_1$  und Gitter  $g_2$ : 0 ... 40 V-  
 Gegenspannung  $U_3$  zwischen Gitter  $g_1$  und Auffänger A: ca. 1,5 V  
 max. zulässige Temperatur: 200 °C (dauernd)  
 220 °C (kurzzeitig)  
 Betriebstemperatur: ca. 190 °C  
 Quecksilber-Dampfdruck (bei 190 °C): ca. 25 mbar  
 Abmessungen: Länge 95 mm,  $\varnothing$  28 mm

### 2.2 Anschlußfassung zum Franck-Hertz-Rohr (555 86)

- ② Fassung mit 6 verschiedenfarbigen, markierten Anschlußleitungen in abgeschirmtem Fünffachkabel und gesonderter Abschirmung für die Zuleitung zum Auffänger A; mit eingebautem Widerstand zur Verminderung einer Anschlußspannung von 6,3 V auf die für das Rohr erforderliche Heizspannung von 3,15 V.  
 ③ Kupferrohr (100 mm lang,  $\varnothing$  35 mm) zur Adaptierung des Franck-Hertz-Rohres an den Durchmesser des Rohrofens (555 81/82) sowie zur Abschirmung des Rohres gegen elektrische Störfelder durch Erdung über eine Kupferlitze mit 4-mm-Stecker; mit Sackloch (3.1) für die Meßspitze eines Temperaturfühlers (z.B. 383 02)

## 2 Description, Technical Data

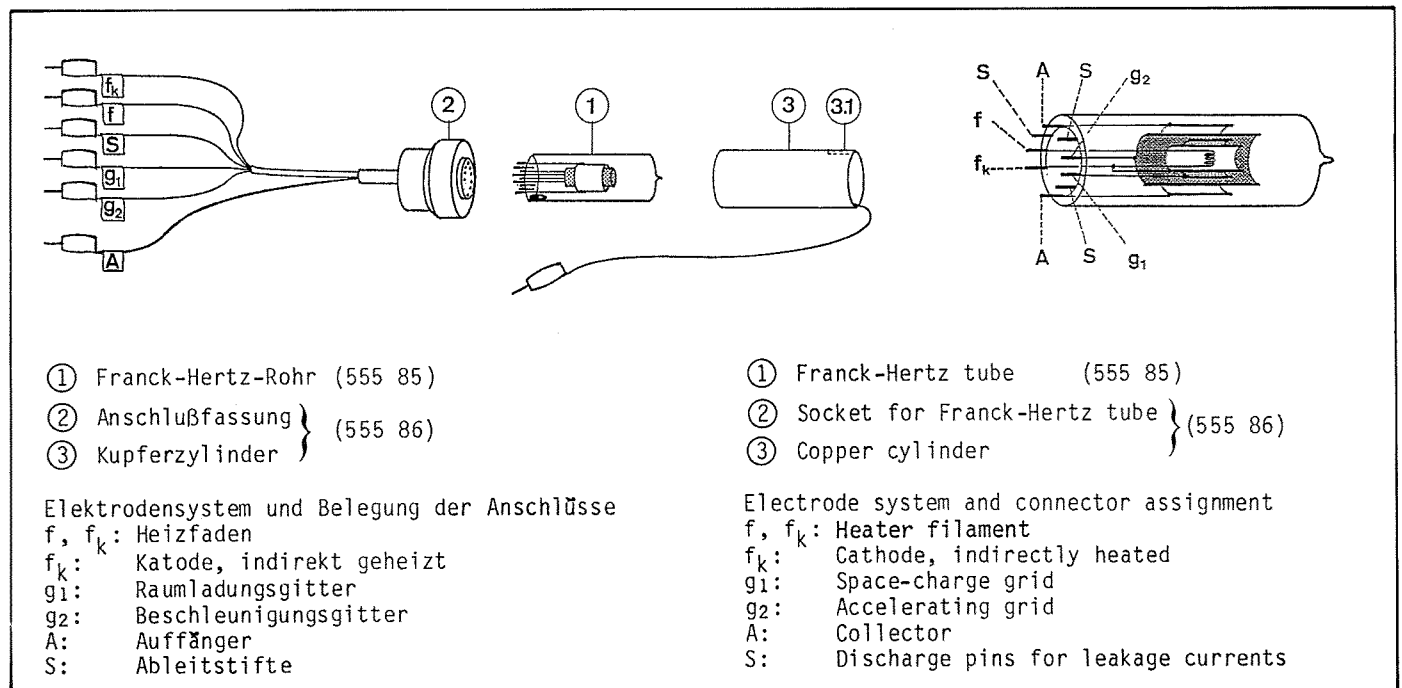
### 2.1 Franck-Hertz tube (555 85)

- ① Vacuum tube with cylindrically arranged electrode system, discharge pins for leakage currents and with approx. 5 g of metallic mercury;  
 Heater voltage and current: 3.15 V, 0.4 A  
 (adapted to a 6.3 V power supply by a resistor in socket 555 86)  
 Control voltage  $U_1$  between cathode and grid  $g_1$ : 0 to 4 V d.c.  
 Acceleration voltage  $U_2$  between grid  $g_1$  and grid  $g_2$ : 0 to 40 V d.c.  
 Countervoltage  $U_3$  between grid  $g_1$  and collector A: 1.5 V approx.  
 Max. admiss. temperature: 200 °C (cont. duty)  
 220 °C (short-term)  
 Operating temperature: approx. 190 °C  
 Mercury vapour pressure (at 200 °C): 25 mbar approx.  
 Dimensions: length 95 mm, 28 mm dia.

### 2.2 Socket for Franck-Hertz tube (555 86)

- ② Socket with 6 colour-coded, marked connecting leads in shielded 5-core cable and separate shielding for the connecting lead to the collector A; with built-in dropping resistor to reduce a supply voltage of 6.3 V to the filament voltage of 3.15 V required for the tube.  
 ③ Copper tube (100 mm long, 35 mm dia.) to adapt the Franck-Hertz tube to the diameter of the electric oven (555 81/82) and for screening against stray electric fields by earthing them via a copper strand with 4-mm plug. with blind hole (3.1) for the measuring point of a temperature probe (e.g. 383 02)

Fig. 2



### 3 Mando

#### 3.1 Medios de servicio y de medida

Aparatos adicionalmente necesarios:

1 Horno tubular eléctrico, 220 V (555 81) ó 110 V (555 82) con alimentación de tensión regulable o ajustable, 220 V (ó 110 V), por ej.

o (véase Fig. 4.2)

Transformador de regulación, 0-250 V ..... 522 42

1 Voltímetro ..... por ej. 531 55

o (véase Fig. 4.1)

tensión alterna de red mediante la

Caja con conexión de seguridad ..... 502 06  
con

Réostato de cursor 320  $\Omega$  (p. 220 V c.a.) .. 537 23

110  $\Omega$  (p. 110 V c.a.) .. 537 24

Voltímetro ..... por ej. 531 55

o (véase Fig. 4.3)

tensión alterna de red (sólo 220 V c.a.) mediante

Caja con conexión de seguridad ..... 502 06  
con Aparato de medida y de regulación

para la temperatura ..... 666 198

con sensor de temperatura ..... 383 02

Recomendable para el control de temperatura

(cuando se trabaje sin regulación de temperatura):

Sensor de temperatura ..... 383 02

Aparato de medida digital para temperatura 666 190

Fuentes de tensión para 0 - 30 V c.c., 6 V c.a.,

1 V - 1,5 V c.c., 1,5 V c.c.:

o (véase Fig. 3.1)

1 Alimentación estabilizada, 300 V c.c. ... 522 35

con divisor de tensión para 0-30 V c.c., por ej.

Resistencia de medida, 10 k $\Omega$  ..... 536 19

Potenciómetro enchufable, 4,7 k $\Omega$  ..... 577 95

o potenciómetro a motor, 4,7 k $\Omega$  ..... 581 49

con fuente de tensión continua, aprox. 1,5 V

1 Pila monocelular, 1,5 V ..... del 503 11

1 Soporte enchufable para pilas ..... 576 86

o (véase Fig. 3.2)

1 Fuente de tensión estab.,  $\pm 15$  V c.c. .... 522 30

1 Transformador 6 V, 12 V; 30 VA ..... 562 73

2 Pilas monocelulares, 1,5 V ..... del 503 11

2 Soportes enchufables para pilas ..... 576 86

1 Potenciómetro enchufable, 220  $\Omega$  ..... 577 90

Amperímetro para  $10^{-9}$  A c.c.

a elección (véase Fig. 3.1)

1 Amplificador de medida de corriente I ... 532 00

con voltímetro con indicación análoga,

zona de medida 3 V c.c. .... por ej. 531 781

y adaptador BNC/4 mm, unipolar ..... 501 09

o (véase Fig. 3.2)

1 Amplificador electrométrico ..... 532 14

con resistencia 1 G $\Omega$  ..... 577 02

y fuente de alimentación 12 V c.a., p.ej. 562 73

y voltímetro con indicación análoga,

zona de medida 3 V c.c. .... p.ej. 531 781

2 Voltímetros para 3 V c.a. y 30 V c.a., por ej.

Multímetro (para  $U_1$ ) ..... 531 55

Multímetro de demostración (para  $U_2$ ) .... 531 91

1 Placa reticulada de enchufe, A4 ..... 576 74

1 Juego de 10 enchufes en puente ..... 501 48

Para el registro de la curva de Franck-Hertz:

1 Registrador XY ..... por ej. 575 662

Recomendable en el caso de que se conecte  $I_A$  a través del amplificador de medida I-D a la entrada Y del registrador (véase Fig. 3.1)

1 Condensador de nivelación 2200  $\mu$ F ..... 538 31

Recomendable, en caso de que la tensión de aceleración  $U_2$  no sea regulada por el potenciómetro a motor (581 49) sino a mano con el potenciómetro (577 95):

### 3 Utilisation

#### 3.1 Accessoires de service et de mesure

Sont nécessaires en outre:

1 Four électrique, 220 V (555 81) ou 110 V (555 82)

avec source de tension variable ou ajustable, 220 V (ou 110 V), par ex.

soit (voir Fig. 4.2)

Transformateur variable 0 - 250 V ..... 522 42

Voltmètre ..... p.ex. 531 55

soit (voir Fig. 4.1)

Tension alternative du secteur par

Boîte de raccordement de sécurité ..... 502 06

connectée au

Rhéostat 320  $\Omega$  (pour 220 V c.a.) ..... 537 23

110  $\Omega$  (pour 110 V c.a.) ..... 537 24

Voltmètre ..... p. ex. 531 55

ou (voir Fig. 4.3)

Tension secteur (seulement 220 V c.a.) par

Boîte de raccordement de sécurité ..... 502 06

connectée au appareil de mesure et

réglage de température ..... 666 198

avec sonde de température ..... 383 02

Conseillé pour le contrôle de la température

(quand on travail sans réglage de température):

Sonde de température ..... 383 02

Thermomètre digital ..... 666 190

Sources de tension pour 0 à 30 V c.c., 6 V c.a.,

1 V à 1,5 V c.c., 1,5 V c.c.

soit (voir Fig. 3.1)

1 Alimentation stabilisée, 300 V c.a. .... 522 35

avec diviseur de tension pour 0 à 30 V c.c. p.ex.

Résistance de mesure, 10 k $\Omega$  ..... 536 19

Potentiomètre enfichable, 4,7 k $\Omega$  ..... 577 95

soit Potentiomètre motorisé 4,7 k $\Omega$  ..... 581 49

avec source de tension continue, env. 1,5 V c.c.

1 Pile, 1,5 V ..... du 503 11

1 Porte-pile ..... 576 86

ou (voir Fig. 3.2)

1 Source de tension stabilisée,  $\pm 15$  V c.c. 522 30

1 Transformateur 6 V, 12 V; 30 VA ..... 562 73

2 Piles, 1,5 V ..... du 503 11

2 Porte-piles ..... 576 86

1 Potentiomètre enfichable, 220  $\Omega$  ..... 577 90

Ampèremètre pour  $10^{-9}$  A c.c.,

à élection (voir Fig. 3.1)

1 Amplificateur de mesure D ..... 532 00

avec voltmètre analogique,

zone de mesure 3 V c.a. .... p. ex. 531 781

et adaptateur BNC/4 mm, 1-pôle ..... 501 09

ou (voir Fig. 3.2)

1 Amplificateur électrométrique ..... 532 14

avec résistance 1 G $\Omega$  ..... 577 02

et source de tension 12 V c.a. .... p.ex. 562 73

et voltmètre analogique,

zone de mesure 3 V c.c. .... p.ex. 531 781

2 Voltmètres pour 3 V c.a. et 30 V c.a., par ex.

Multimètre (pour  $U_1$ ) ..... 531 55

Multimètre de démonstration (pour  $U_2$ ) ... 531 91

1 Plaque à réseau, A4 ..... 576 74

1 Jeu de 10 cavaliers ..... 501 48

pour enregistrer la courbe de Franck-Hertz

1 enregistreur XY ..... p.ex. 575 662

Recommandé si  $I_A$  est appliqué, par l'amplificateur

D de mesure I, sur l'entrée Y de l'enregistreur

(cf. fig. 3.1)

1 condensateur électrolytique 220  $\mu$ F ..... 538 31

équipement conseillé si la tension d'accélération

$U_2$  n'est pas réglée par le potentiomètre motorisé

(581 49) mais manuellement par le potentiomètre

(577 95):

1 Condensador nivelador, en paralelo a la entrada X del registrador, por ej. Condensador enchufable, 100  $\mu\text{F}$  ..... 578 39

1 condensateur de lissage, parallèle à l'entrée X de l'enregistreur, p. ex. condensateur enfichable, 100  $\mu\text{F}$  ..... 578 39

3.2 Preparación del montaje para el registro de la curva de Franck-Hertz

3.2 Préparation du dispositif pour l'enregistrement de la courbe de Franck et Hertz

⚠ Importante en montajes como en la fig. 3.1:

- Como la fuente de tensión, 300 V c.c. (522 35) suministra tensiones peligrosas al contacto, modificar el circuito solamente con el aparato desconectado.
- No conectar la placa reticulada de enchufe a tensiones superiores de 30 V c.c.

⚠ Important pour montages comme dans la fig.3.1:

- Comme l'alimentation stabilisée 300 V c.c. (522 35) fournit une tension dangereuse au toucher arrêter l'appareil avant toute intervention dans les circuits.
- Ne pas appareiller la plaque à réseau avec des tensions supérieures à 30 V c.c.

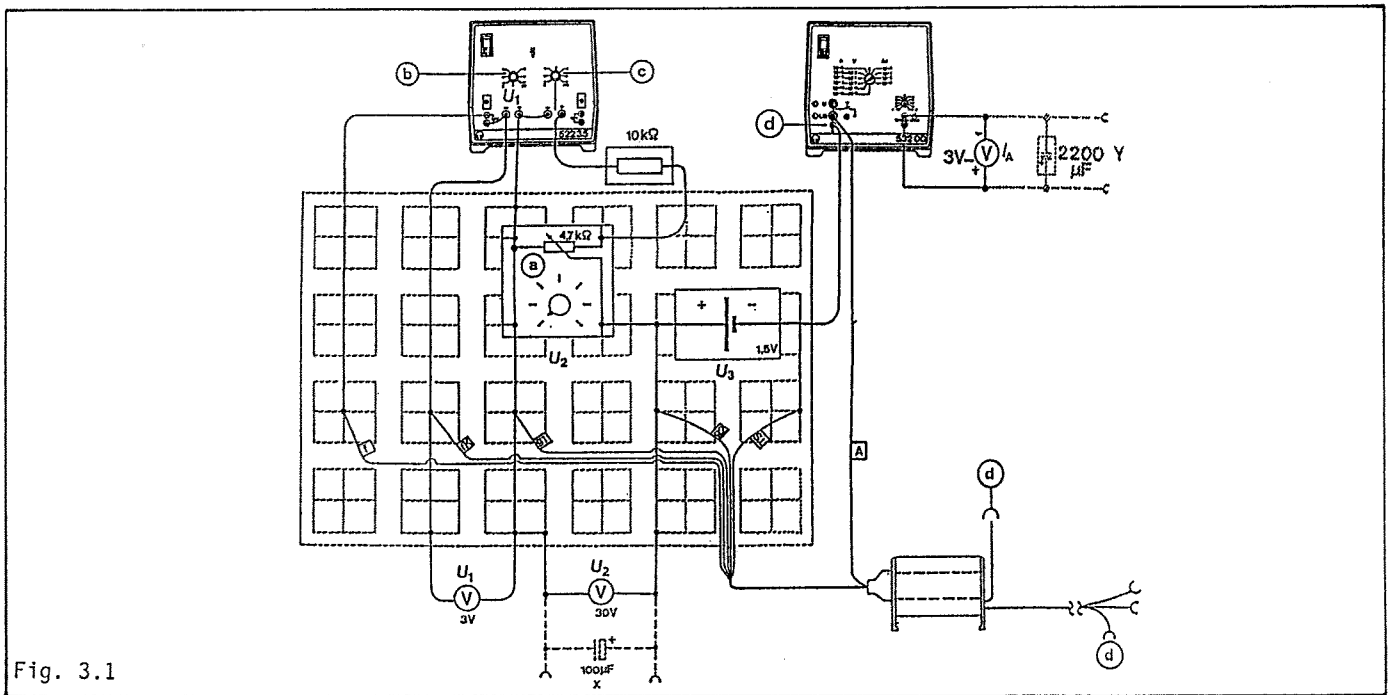


Fig. 3.1

Fig. 3.1/3.2: Montajes para registrar la curva de Franck-Hertz con un registrador; para el registro puntiforme de la curva no efectuar la parte dibujada en trazos del circuito.

Fig. 3.1/3.2: Dispositif pour l'enregistrement de la courbe de Franck-Hertz avec un enregistreur; pour un enregistrement point par point ne pas réaliser la partie hachurée du circuit.

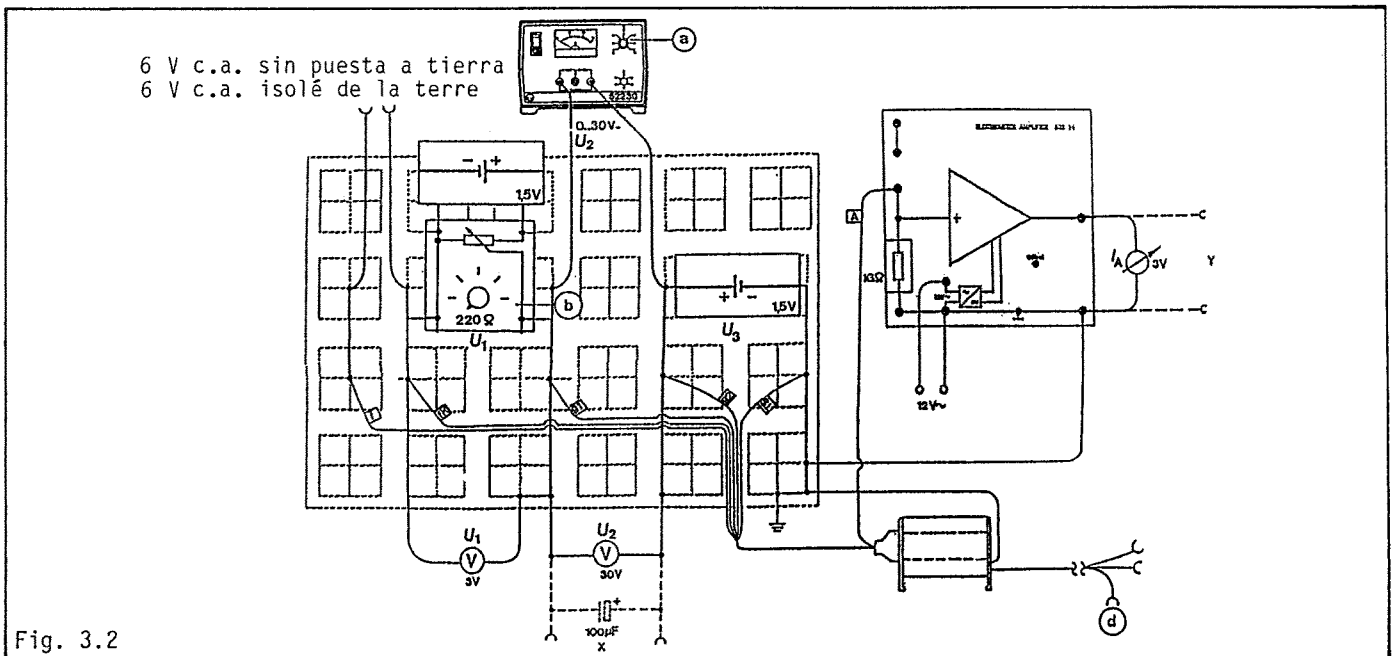


Fig. 3.2

Fig. 4:  
Alimentación en tensión del horno tubular para el calentamiento del tubo de Franck-Hertz en aprox. 190 °C.

Fig. 4  
Alimentation en tension du four tubulaire pour chauffer le tube de Franck et Hertz jusqu'à la température de service d'env. 190 °C.

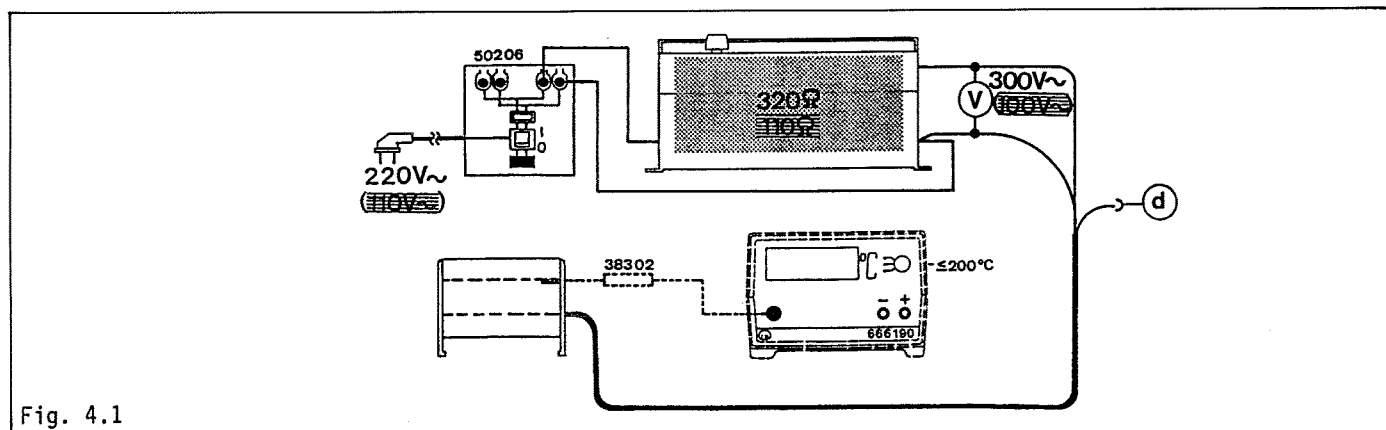


Fig. 4.1

Fig. 4.1/4.2:  
Regulación de la temperatura por medio de la tensión de servicio del horno tubular; control de la temperatura mediante el sensor de temperatura, que se coloca a través del taladro del horno tubular en el agujero ciego (3.1) del cilindro de cobre.

Fig. 4.1/4.2  
Réglage de la température par la tension de service du four; contrôle de la température de préférence avec une sonde introduite par l'alésage du four dans le trou borgne (3.1) du tube de cuivre.

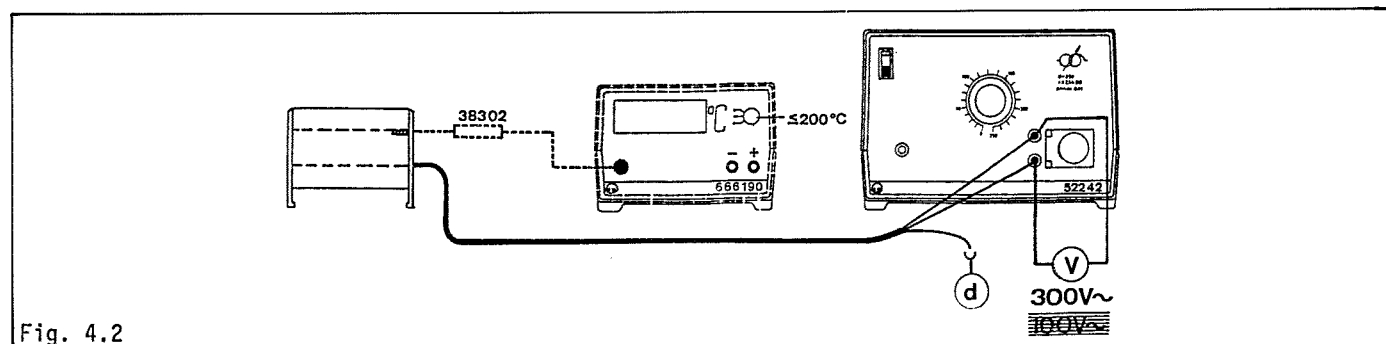


Fig. 4.2

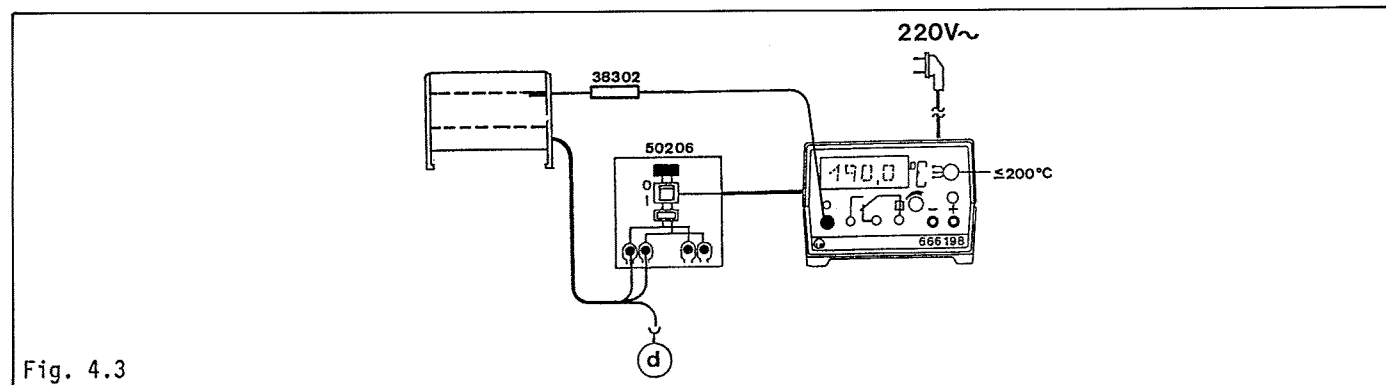


Fig. 4.3

Fig. 4.3:  
Regulación de la temperatura con el sensor de temperatura y con el aparato regulador (666 198).

Fig. 4.3  
Régulation de la température avec sonde et régulateur (666 198).

Efectuar el montaje como se indica en las Figs. 3 y 4, pero sin conectar el registrador.

Medir y ejecutar por el orden indicado antes de conectar el registrador:

- a) Accionar el horno (cilindro de cobre y tubo introducidos) primero 5 min con 220 V c.a. (o 110 V) y luego 10 min con 90 V c.a. (o 45 V) o regular la temperatura nominal a 190 °C con el aparato de medida y de regulación de temperatura y accionar el horno durante aprox. 20 min.

Monter le dispositif comme dans les fig. 3 et 4 mais ne pas encore raccorder l'enregistreur.

Exécuter les opérations suivantes dans l'ordre indiqué avant de raccorder l'enregistreur:

- a) Chauffer le four (cylindre de cuivre et tubes engagés) soit d'abord pendant 5 min en appliquant 220 V c.a. (ou 110 V) et ensuite pendant 10 min en appliquant 90 V c.c. (ou 45 V) soit à une température de consigne de 190 °C pendant env. 20 min, par le truchement du régulateur de température.

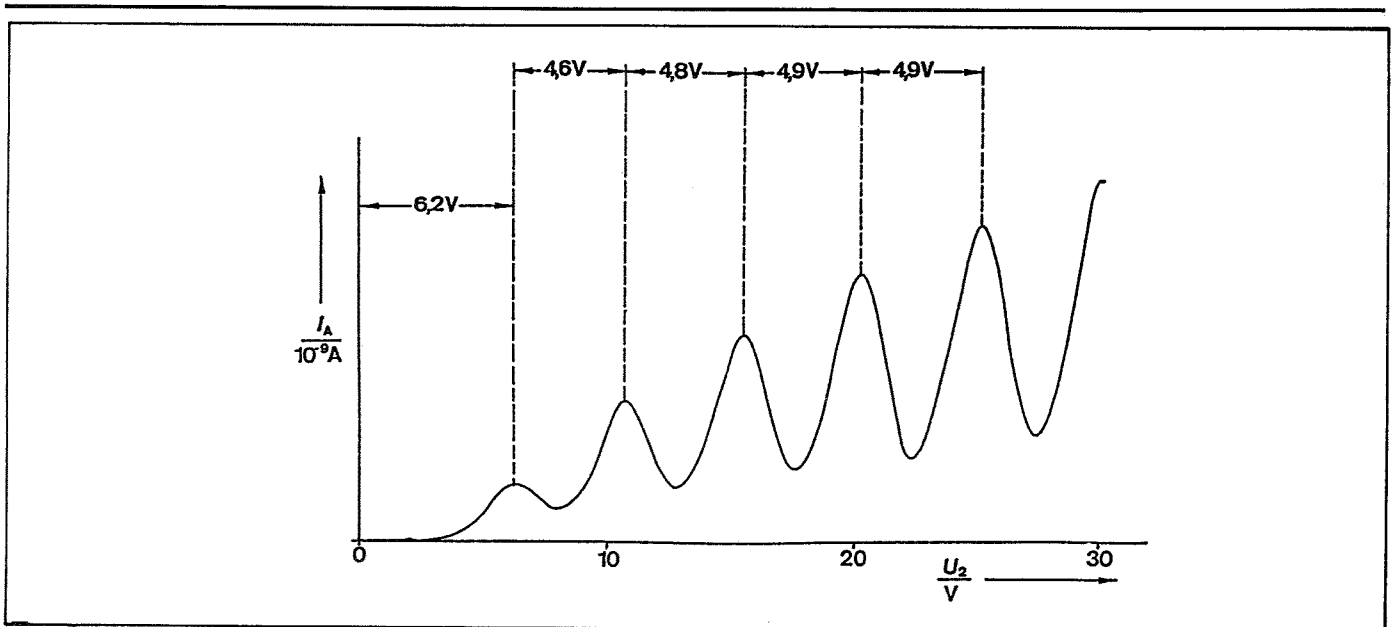


Fig. 5:  
 $I_A$  como función de la tensión de aceleración  $U_2$   
 (diagrama del registrador)

Fig. 5  
 $I_A$  en fonction de la tension d'accélération  $U_2$   
 (diagramme de l'enregistreur).

- b) Conectar la calefacción del cátodo.
- c) Solamente necesario con la fuente de tensión estabilizada (522 35) según la fig. 3.1:  
 Poner (a) al valor máximo; aplicar por medio del potenciómetro (c) una tensión  $U_2$  de por ej. 3 y retrocederla con el potenciómetro (a) inmediatamente a 0.
- d) Después de calentar el cátodo durante 1 min aprox., aumentar lentamente la tensión  $U_2$  con el potenciómetro (a); si la corriente aumentó de forma lenta y continua o si ya muestra el transcurso típico de Franck-Hertz, proseguir con el párrafo g).
- e) Con un aumento repentino (descarga de gas debido a un tubo demasiado frío), retroceder  $U_2$  inmediatamente a 0.  
 Aumentar la tensión del horno por 5 V o el valor nominal en aprox. 2 °C; después de 5 min. proseguir como en d).  
 En caso necesario seguir aumentando la corriente del horno, hasta que la corriente  $I_A$  muestre el transcurso descrito en la sección d).
- f) Si la corriente  $I_A$  sólo aumenta lentamente al pasar por la tensión  $U_2$ , retroceder la tensión del horno en aprox. 5 V o reducir la temperatura nominal por 2 °C; después dejar enfriar el horno durante unos 10 min y proseguir como en d); en caso necesario seguir reduciendo la temperatura hasta que  $I_A$  muestre el transcurso descrito en d).
- g) Pasar por  $U_2$  con diferentes tensiones de mando (aumentar  $U_1$  en pasos de 0,1 V con el potenciómetro (b)), hasta que la corriente muestre por lo menos 4 máximos pronunciados.
- h) En caso dado, conectar el registrador.  
 Calibración:  
 Eje X: 1 V cm<sup>-1</sup>; var.  
 Eje Y: 1 V cm<sup>-1</sup>; var.

Después de terminar el experimento, primero desconectar la tensión de servicio y luego retirar el tubo del horno.

- b) Commuter le chauffage de cathode.
- c) Uniquement nécessaire avec l'alimentation stabilisée (522 35) comme dans la fig. 3.1:  
 Mettre (a) au maximum; avec le potentiomètre (c) appliquer une tension  $U_2$  de p.ex. 3 V et remettre immédiatement le potentiomètre (a) à 0.
- d) Après de chauffer la cathode pendant env. 1 min augmenter progressivement la tension de chauffage de la cathode  $U_2$  avec le potentiomètre (a); continuer à la section g) si le courant augmente alors lentement et continuellement ou se présente sous la forme Franck-Hertz typique.
- e) Si le courant augmente brutalement (décharge gazeuse due au tube trop froid), remettre immédiatement  $U_2$  à 0.  
 Augmenter la tension du four de 5 V ou la température de consigne d'env. 2 °C; continuer comme dans d) au bout de 5 min.  
 Si nécessaire, augmenter encore la température du four jusqu'à ce que le courant  $I_A$  se présente sous la forme décrite dans la section d).
- f) Si le courant  $I_A$  n'augmente que très lentement en fonction de la tension  $U_2$  il faut diminuer la tension du four d'env. 5 V ou la température de consigne de 2 °C; continuer comme décrit dans d) après un temps de refroidissement d'env. 10 min; si nécessaire diminuer encore la température jusqu'à ce que le courant  $I_A$  se présente comme décrit dans la section d).
- g) Parcourir  $U_2$  à différentes tensions de commande (augmenter  $U_1$  par le potentiomètre (b) par pas de 0,1 V) jusqu'à ce que le courant présente au moins 4 maxima bien définis.
- h) Raccorder éventuellement l'enregistreur; calibrage:  
 axe X: 1 V cm<sup>-1</sup>; var.  
 axe Y: 1 V cm<sup>-1</sup>; var.

Après l'expérience, couper d'abord les tensions de service et retirer ensuite le tube du four.

Física

Química · Biología

Técnica



LEYBOLD DIDACTIC GMBH

12/88 -Sf-

Instrucciones de Servicio  
Mode d'emploi

555 85/86

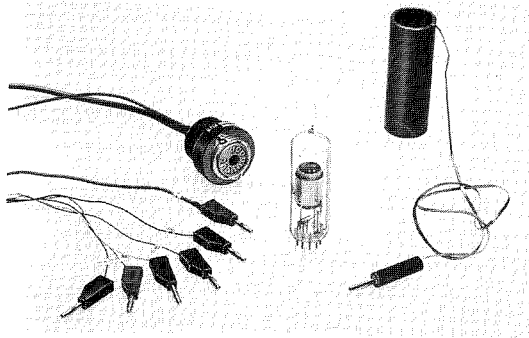


Fig. 1

Tubo de Franck-Hertz  
Casquillo de conexión para el tubo  
de Franck-Hertz

Tube de Franck et Hertz  
Douille pour le tube de Franck et  
Hertz

El tubo de Franck-Hertz sirve para la demostración de la cesión de energía discontinua de electrones libres en átomos de mercurio (experimento del choque de electrones de Franck y Hertz).

Le tube de Franck et Hertz sert à la démonstration de la transition quantique par collisions d'électrons sur des atomes de mercure (expérience de Franck et Hertz).

**Bibliografía:**

Monografía "Amplificador de medida I-D" (532 036)  
Monografía "TY-Schreiber, XY-Schreiber" (575 741, en alemán)  
Libro "Experimentos de Física" (599 956\*)

**Littérature:**

Livre "Amplificateur de mesure I, D" (532 043)  
Livre "Enregistreur TY, enregistreur XY" (575 743)  
Livre "New Physics Leaflets for Colleges and Universities", Volume 1 (599 952\*)

**1 Notas sobre la seguridad**

- ¡Tubo de vacío con relleno de mercurio (aprox. 5 g)! ¡Peligro de implosión con un golpe, caída, etc.! En caso de que se rompa el vidrio recoger el mercurio (absorbedor de mercurio, 306 83) y eliminarlo correctamente.
- No aplicar ninguna tensión al tubo frío (peligro de cortocircuito por el mercurio metálico entre los electrodos).
- Al presentarse una descarga de gas, indicada por un aumento repentino de la corriente, regular inmediatamente ambas tensiones de rejilla a 0.
- Asir los aparatos calientes con un trapo o guantes resistentes al calor.
- Controlar la temperatura (la tensión) del horno tubular para asegurar que la temperatura máxima para el tubo de Franck-Hertz no sea sobrepasada (200 °C en servicio continuo, 220 °C en servicio de corta duración).

**1 Remarques de sécurité**

- Tube à vide rempli de mercure (env. 5 g)! Danger d'implosion, ne pas cogner, laisser tomber etc.! En cas de fracture du verre, recueillir et éliminer le mercure (adsorbeur de mercure, 306 83).
- Ne pas appliquer de tensions sur le tube froid (risque de court-circuit par le mercure métallique entre les électrodes).
- Régler immédiatement les deux tensions de grille sur 0 en cas de décharge gazeuse, indiquée par une brusque augmentation du courant.
- Saisir les appareils brûlants avec un chiffon ou des gants résistants à la chaleur.
- Contrôler la température du four (ou sa tension) pour ne pas dépasser la température max. admissible du tube de Franck et Hertz (200 °C en permanence, 220 °C instantanément).

\* La lista de aparatos y el circuito (Fig. 2) en el experimento 6.2.5-2 contienen errores. Reemplace, por favor, la resistencia 100 k $\Omega$  (536 25) que allí se indica por la resistencia 10 k $\Omega$  (536 19) y efectúe el montaje como se muestra en la Fig. 3.1 de estas instrucciones de servicio.

\* La liste des appareils et le circuit (fig. 2) de l'expérience 6.2.5-1/2 contiennent malheureusement des erreurs. Veuillez remplacer la résistance 100 k $\Omega$  (536 25) para la résistance enfilable 10 k $\Omega$  (536 19) et montez le dispositif comme dans la fig. 3.1 du présent mode d'emploi.

## 2 Descripción; datos técnicos

### 2.1 Franck-Hertz-Rohr (555 85)

- ① Tubo de vacío con sistema de electrodos dispuestos cilíndricamente, clavijas de escape para corrientes parásitas y con aprox. 5 g de mercurio metálico.  
 Corriente y tensión de filamento: 3,15 V; 0,4 A (adaptada a una alimentación de 6,3 V por la resistencia en el casquillo de enchufe 555 86)  
 Tensión de mando  $U_1$  entre el cátodo y la rejilla  $g_1$ : 0 a 4 V c.c.  
 Tensión de aceleración  $U_2$  entre la rejilla  $g_1$  y la rejilla  $g_2$ : 0 a 40 V c.c.  
 Contratensión  $U_3$  entre la rejilla  $g_1$  y el colector A: aprox. 1,5 V  
 Temperatura máx. admisible:  
     200 °C (servicio continuo)  
     220 °C (servicio de corta duración)  
 Temperatura de servicio: aprox. 190 °C  
 Presión de vapor del mercurio (con 190 °C): aprox. 25 mbar  
 Dimensiones: longitud 95 mm, diám. 28 mm.

## 1 Description, caractéristiques techniques

### 2.1 Tube de Franck et Hertz (555 85)

- ① Tube à vide avec système cylindrique d'électrodes, fiches de dérivation pour courants de fuite superficielle et env. 5 g de mercure métallique  
 Tension et courant de chauffage: 3,15 V; 0,4 A (adaptation à une alimentation 6,3 V par une résistance dans la douille, 555 86)  
 Tension de commande  $U_1$  entre cathode et grille  $g_1$ : 0 à 4 V c.c.  
 Tension d'accélération  $U_2$  entre grille  $g_1$  et grille  $g_2$ : 0 à 40 V c.c.  
 Contretension  $U_3$  entre grille  $g_1$  et collecteur A: env. 1,5V  
 Température max. admissible: 200 °C (perm.)  
     220 °C (inst.)  
 Température de service: env. 190 °C  
 Pression de la vapeur de mercure (à 190 °C): env. 25 mbar.  
 Encombrement: longueur 95 mm, Ø 28 mm

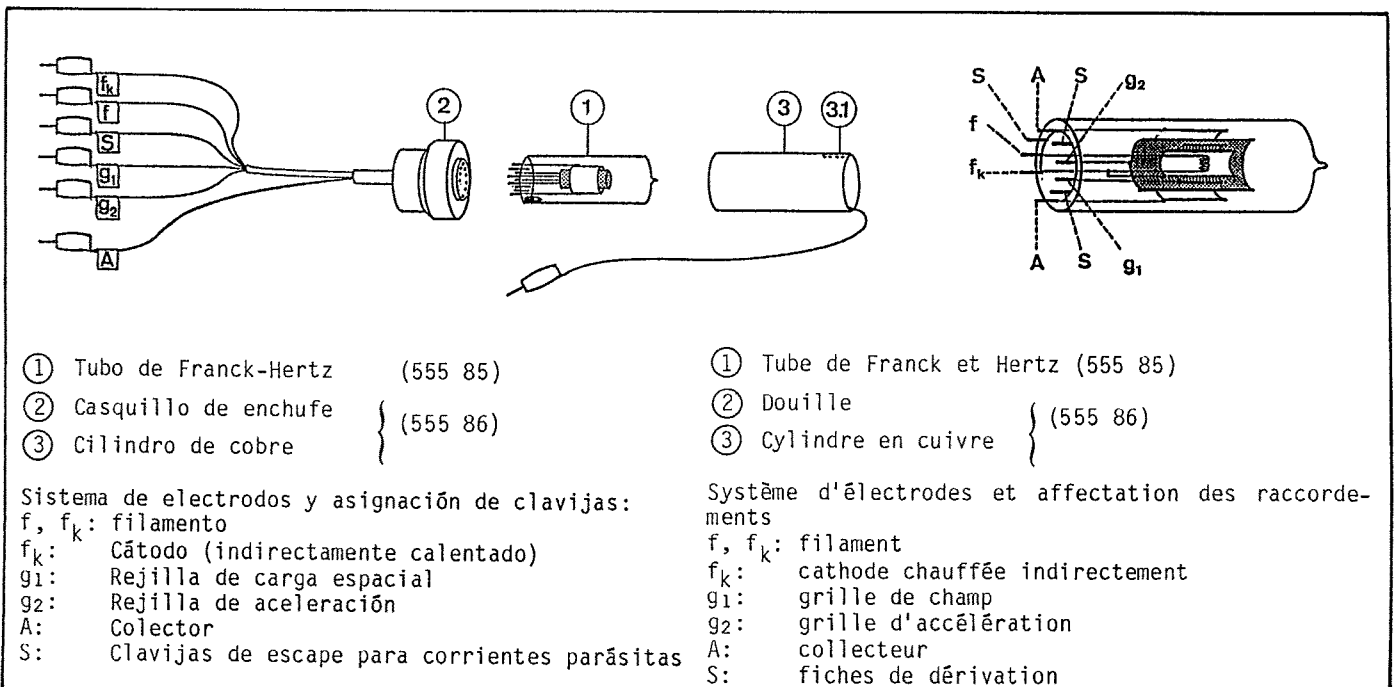
### 2.2 Casquillo de conexión para el tubo de Franck-Hertz (555 86)

- ② Casquillo con 6 líneas de conexión marcadas de diferentes colores, en un cable blindado de 5 conductores y blindaje especial para la conducción al colector A; con resistencia incorporada para reducir una tensión de conexión de 6,3 V a la tensión de filamento de 3,15 V necesaria para el tubo.  
 ③ Tubo de cobre (100 mm de longitud, diám. 35 mm) para adaptar el tubo de Franck-Hertz al diámetro del horno tubular (555 81/82), así como para el blindaje del tubo contra campos eléctricos perturbadores por puesta a tierra mediante una trenza de cobre con enchufe de 4 mm; con agujero ciego (3.1) para la punta de medida de un sensor de temperatura (por ej. 383 02).

### 2.2 Douille du tube de Franck et Hertz (555 86)

- ② Douille à 6 cordons de raccordement repérés de couleurs différentes dans un câble blindé à 5 conducteurs et blindage spécial pour le cordon alimentant le collecteur A; avec résistance incorporée pour réduire une tension raccordée de 6,3 V à la tension de chauffage de 3,15 V nécessaire au tube.  
 ③ Tube de cuivre (100 mm de long, Ø 35 mm) pour adapter le tube de Franck et Hertz au diamètre du four tubulaire (555 81/82) et pour isoler le tube contre les champs électriques parasites avec une mise à la terre par une tresse en cuivre avec fiche 4 mm; avec trou borgne (3.1) pour la pointe d'une sonde de température (p.ex. 383 02)

Fig. 2





### 3 Bedienung

#### 3.1 Betriebs- und Meßmittel

zusätzlich erforderliche Geräte:

1 elektrischer Rohofen, 220 V (555 81) bzw. 110 V (555 82) mit einstellbarer oder regelbarer Spannungsversorgung, 220 V (bzw. 110 V), z.B. entweder (s. Fig. 4.2)

Stelltrafo, 0 - 250 V, einphasig ..... 522 42  
Spannungsmesser ..... z.B. 531 55

oder (s. Fig. 4.1)

Netzwechselfspannung über

Sicherheitsanschlußdose ..... 502 06  
an Schiebewiderstand 320  $\Omega$  (bei 220 V $\sim$ ) ... 537 23  
110  $\Omega$  (bei 110 V $\sim$ ) ... 537 24

Spannungsmesser ..... z.B. 531 55

oder (s. Fig. 4.3)

Netzwechselfspannung (nur 220 V $\sim$ ) über

Sicherheitsanschlußdose ..... 502 06  
an Temperatur-Meß- und Regelgerät ..... 666 198  
mit Temperaturfühler ..... 383 02

Empfehlenswert zur Temperaturkontrolle (falls keine Temperaturregelung erfolgt):

Temperaturfühler ..... 383 02  
Digitales Temperaturmeßgerät ..... 666 190

Spannungsquellen für 0...30 V-, 6 V $\sim$ , 1 V...1,5 V-, 1,5 V-:

entweder (s. Fig. 3.1)

1 Stabilisiertes Netzgerät, 300 V- ..... 522 35  
mit Spannungsteiler für 0...30 V-, z.B.  
Meßwiderstand, 10 k $\Omega$  ..... 536 19  
STE-Potentiometer, 4,7 k $\Omega$  ..... 577 95  
oder  
STE-Motorpotentiometer, 4,7 k $\Omega$  ..... 581 49  
mit Gleichspannungsquelle, ca. 1,5 V

1 Monozelle, 1,5 V ..... aus 503 11

1 STE-Monozellenhalter ..... 576 86

oder (s. Fig. 3.2)

1 Stabilisiertes Netzgerät,  $\pm 15$  V- ..... 522 30  
1 Transformator 6 V, 12 V; 30 VA ..... 562 73  
2 Monozellen, 1,5 V ..... aus 503 11  
2 STE-Monozellenhalter ..... 576 86  
1 STE-Potentiometer, 220  $\Omega$  ..... 577 90

Strommesser für  $10^{-9}$  A-,

wahlweise (s. Fig. 3.1)

1 I-Meßverstärker D ..... 532 00  
mit analogem Spannungsmesser,  
MB 3 V- ..... z.B. 531 781  
und Adapter BNC/4 mm, einpolig ..... 501 09

oder (s. Fig. 3.2)

1 Elektrometerverstärker ..... 532 14  
mit Widerstand 1 G $\Omega$  ..... 577 02  
und Spannungsquelle 12 V $\sim$ , ..... z.B. 562 73  
und analogem Spannungsmesser,  
MB 3 V-, ..... z.B. 531 781

2 Spannungsmesser für 3 V $\sim$  und 30 V $\sim$ , z.B.  
Vielfachmeßgerät (für  $U_1$ ) ..... 531 55  
Demo-Multimeter (für  $U_2$ ) ..... 531 91

1 Rastersteckplatte, A4 ..... 576 74

1 Satz 10 Brückenstecker ..... 501 48

zur Aufzeichnung der Franck-Hertz-Kurve

1 XY-Schreiber ..... z.B. 575 662

empfehlenswert, falls  $I_A$  über den I-Meßverstärker D an den Y-Eingang des Schreibers gelegt wird (s. Fig. 3.1)

1 Glättungskondensator 2200  $\mu$ F ..... 538 31

empfehlenswert, falls die Beschleunigungsspannung  $U_2$  nicht über Motorpotentiometer (581 49) sondern

### 3 Operation

#### 3.1 Peripheral equipment

Additionally required:

1 Electric oven, 220 V (555 81) or 110 V (555 82) with variable or adjustable power supply, 220 V (or 110 V), e.g. either (see Fig. 4.2)

Variable transformer, 0-250 V, single-phase 522 42  
Voltmeter ..... e.g. 531 55

or (see Fig. 4.1)

AC mains voltage via

Safety connecting box ..... 502 06  
connected to rheostat 320  $\Omega$  (for 220 V AC) 537 23  
110  $\Omega$  (for 110 V AC) 537 24

Voltmeter ..... e.g. 531 55

or (see Fig. 4.3)

AC mains voltage (only 220 V AC) via

Safety connecting box ..... 502 06  
connected to digital temperature  
controller and indicator ..... 666 198  
with temperature probe ..... 383 02

Recommended for temperature control (when working without temperature regulation)

Temperature probe ..... 383 02  
Digital thermometer ..... 666 190

Voltage sources for 0 to 30 V DC, 6 V AC, 1 V to 1,5 V DC, 1,5 V DC:

either (see Fig. 3.1)

1 Stabilized power supply unit, 300 V AC .. 522 35  
with voltage divider for 0 to 30 V DC, e.g.  
Measuring resistor, 10 k $\Omega$  ..... 536 19  
Plug-in potentiometer, 4,7 k $\Omega$  ..... 577 95  
or  
Plug-in motor potentiometer, 4,7 k $\Omega$  ..... 581 49  
with DC voltage source, approx. 1,5 V

1 Battery, 1,5 V ..... from 503 11

1 Battery holder ..... 576 86

or (see Fig. 3.2)

1 Stabilized power supply unit,  $\pm 15$  V DC .. 522 30  
1 Transformer 6 V, 12 V; 30 VA ..... 562 73  
2 Batteries, 1,5 V ..... from 503 11  
2 Battery holders ..... 576 86  
1 Plug-in potentiometer, 220  $\Omega$  ..... 577 90

Ammeter for  $10^{-9}$  A DC,

either (see Fig. 3.1)

1 Current measuring amplifier D ..... 532 00  
with analogue voltmeter,  
measuring range 3 V DC ..... e.g. 531 781  
and adapter BNC/4 mm, single-pole ..... 501 09

or (see Fig. 3.2)

1 Electrometer amplifier ..... 532 14  
with resistor 1 G $\Omega$  ..... 577 02  
and voltage source 12 V AC ..... e.g. 562 73  
and analogue voltmeter,  
measuring range 3 V DC ..... e.g. 531 781

2 Voltmeters for 3 V AC and 30 V AC, e.g.  
Multimeter (for  $U_1$ ) ..... 531 55  
Demo-multimeter (for  $U_2$ ) ..... 531 91

1 Rastered socket panel A4 ..... 576 74

1 Set of 10 bridging plugs ..... 501 48

For recording the Franck-Hertz curve

1 XY recorder ..... e.g. 575 662

Recommended in the event that  $I_A$  is applied via the I measuring amplifier D to the Y input of the recorder (see Fig. 3.1):

1 Smoothing capacitor 2200  $\mu$ F ..... 538 31

Recommended, if the accelerating voltage  $U_2$  is not adjusted via the motor-potentiometer (581 49) but

von Hand mit Potentiometer (577 95) eingestellt wird:  
 1 Glättungskondensator, parallel zu Schreibereingang X, z.B. STE-Kondensator, 100  $\mu\text{F}$  ..... 578 39

manually via potentiometer (577 95):  
 1 Smoothing capacitor, parallel to recorder input X, e.g. plug-in capacitor, 100  $\mu\text{F}$  ..... 578 39

3.2 Vorbereitung der Anordnung zur Aufnahme der Franck-Hertz-Kurve

3.2 Preparing the experiment assembly for recording the Franck-Hertz curve

⚠ Wichtig bei einem Versuchsaufbau gemäß Fig. 3.1:  
 • Da das Stabilisierte Netzgerät, 300 V- (522 35) berührunggefährliche Spannung liefert, Eingriffe in die Schaltung nur bei abgeschaltetem Gerät vornehmen.  
 • Rastersteckplatte nicht mit Spannungen über 30 V- beschalten.

⚠ Important for experiment setup in accordance with Fig. 3.1:  
 • Since the stabilized power pack, 300 V DC (522 35) supplies voltage dangerous to contact, only carry out work on the circuit when the instrument has been switched off.  
 • Do not apply voltages higher than 30 DC to the rastered socket panel.

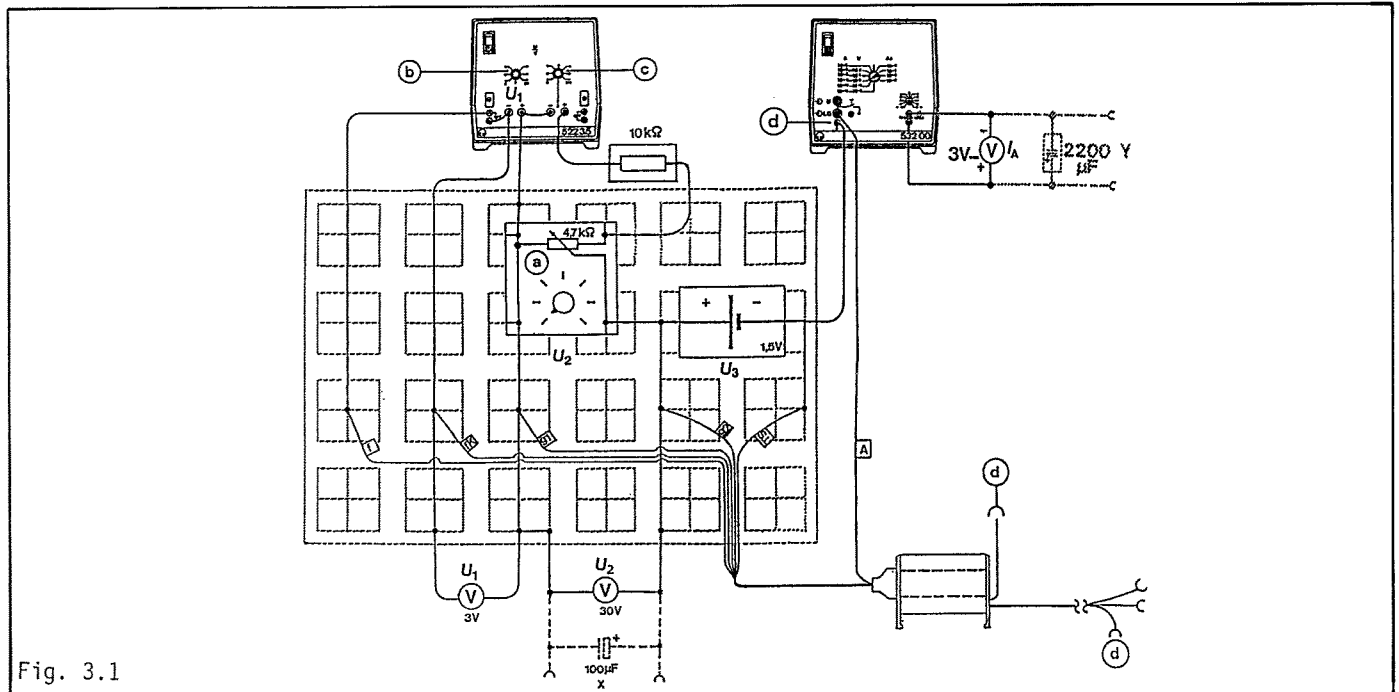


Fig. 3.1

Fig. 3.1/3.2 Anordnungen zur Aufzeichnung der Franck-Hertz-Kurve mit einem Schreiber; zur punktweisen Aufnahme der Kurve gestrichelten Teil der Schaltung nicht ausführen.

Fig. 3.1/3.2 Assemblies for measuring the Franck-Hertz curve using a recorder; For a point-by-point measurement do not connect the recorder as indicated by the dotted lines.

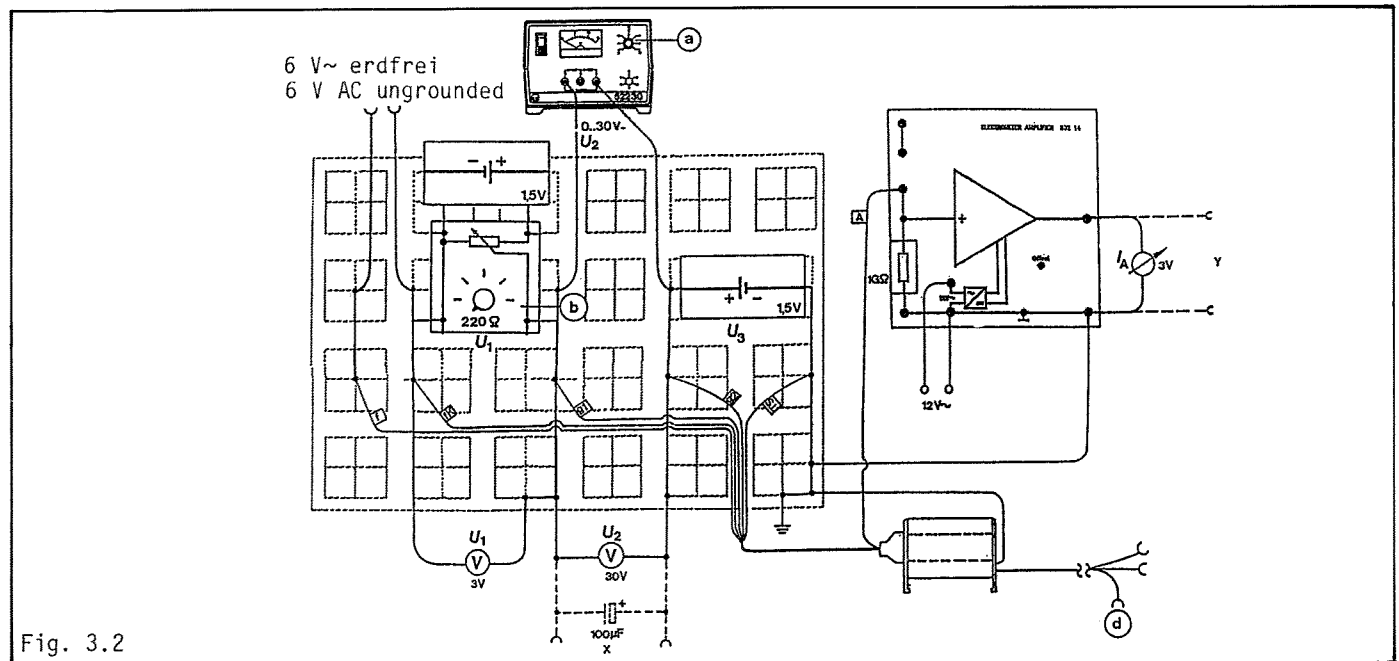


Fig. 3.2

Fig. 4  
Spannungsversorgung des Rohrofens zur Erwärmung des Franck-Hertz-Rohres auf die Betriebstemperatur von ca. 190 °C

Fig. 4  
Cylinder oven voltage supply for heating the Franck-Hertz tube to an operating temperature of approx. 190 °C.

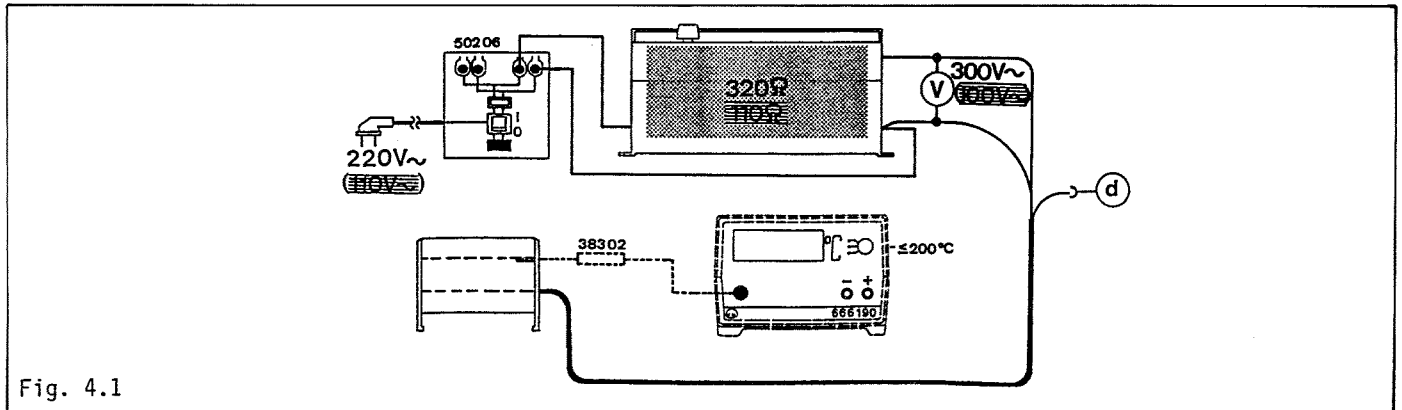


Fig. 4.1

Fig. 4.1/4.2  
Temperatureinstellung über die Betriebsspannung des Ofens; Temperaturkontrolle zweckmäßigerweise mit Temperaturfühler, der durch die Bohrung im Ofen in das Sackloch (3.1) des Kupferrohres eingesetzt wird.

Fig. 4.1/4.2  
Temperature setting via oven operating voltage; temperature measurement by a temperature probe protruding through the oven hole into the blind hole (3.1) of the copper cylinder.

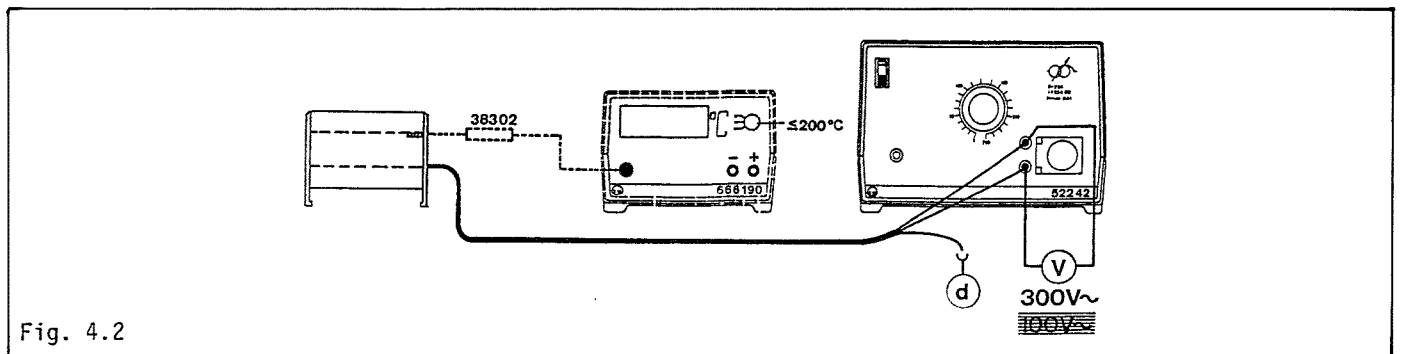


Fig. 4.2

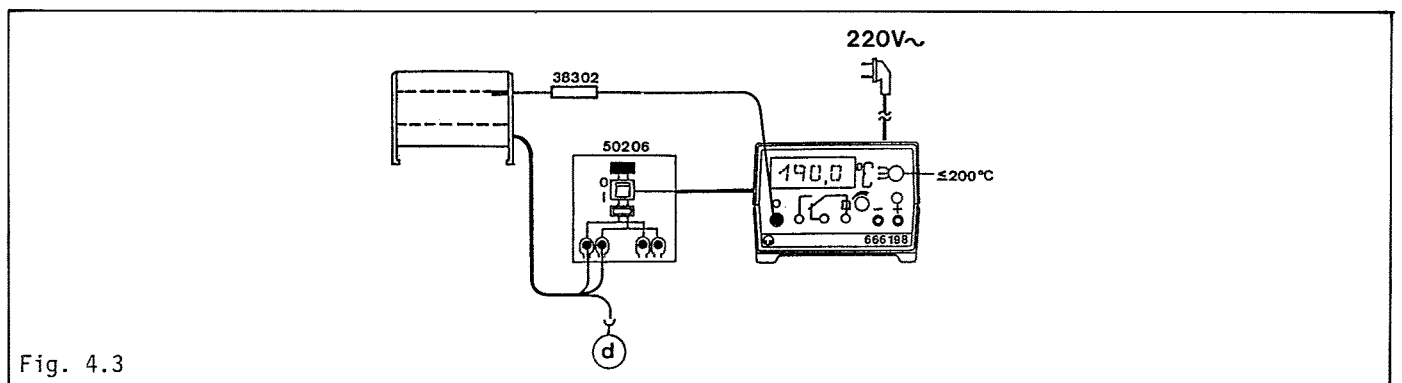


Fig. 4.3

Fig. 4.3  
Temperaturregelung mit Temperaturfühler und Temperatur-Meß- und Regelgerät (666 198).

Fig. 4.3  
Temperature control via a temperature probe and temperature measuring and control unit (666 198).

Anordnung gemäß Fig. 3 und 4 aufbauen, jedoch Schreiber noch nicht anschließen.

Set up the assembly according to fig. 3 and 4; do not connect the recorder yet.

Maßnahmen in der angegebenen Reihenfolge vor dem Anschluß des Schreibers durchführen:

Carry out the following steps in the indicated sequence before connecting the recorder:

- a) Ofen (Kupferzylinder und Rohr eingeschoben) zunächst 5 min mit 220 V~ (bzw. 110 V) und dann 10 min mit 90 V~ (bzw. 45 V) oder über das Temperatur-Meß- und Regelgerät bei einer Soll-Temperatur von 190 °C etwa 20 min betreiben.

- a) Operate the oven (with copper cylinder and tube inserted) at first for 5 min at 220 V AC (or 110 V) and then for 10 min at 90 V AC (or 45 V) or via the temperature measuring and control instrument for 20 min at a set point of 190 °C.

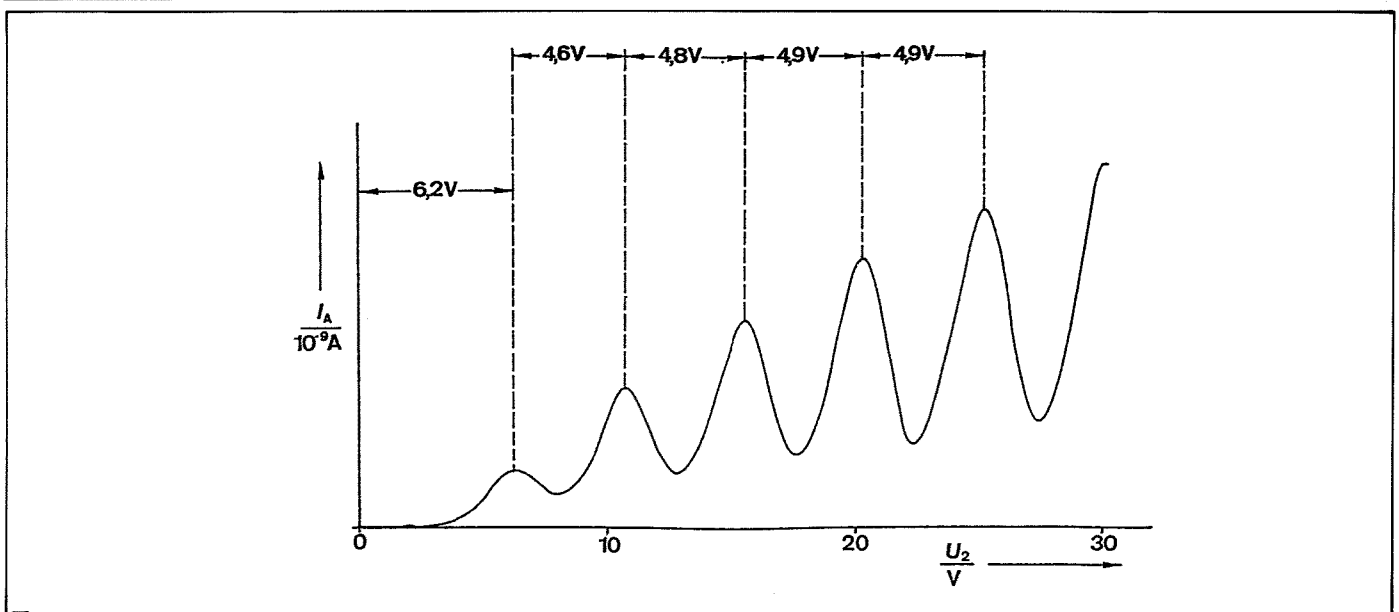


Fig. 5  
 $I_A$  als Funktion der Beschleunigungsspannung  $U_2$   
 (Schreiberdiagramm).

Fig. 5  
 $I_A$  as a function of the accelerating voltage  $U_2$   
 (recorder diagram).

- b) Katodenheizung einschalten.
- c) Nur erforderlich bei Verwendung des stabilisierten Netzgerätes (522 35) gemäß Fig. 3.1: Potentiometer (a) in Maximalstellung bringen; Über Potentiometer (c) eine Spannung  $U_2$  von z.B. 30 V anlegen und an Potentiometer (a) sofort auf 0 zurückstellen.
- d) Nach etwa 1-minütiger Katodenheizung Spannung  $U_2$  an Potentiometer (a) langsam erhöhen; falls der Strom dabei langsam und kontinuierlich ansteigt oder bereits einen Franck-Hertz-typischen Verlauf zeigt, bei Abschnitt g) fortfahren.
- e) Bei sprunghaftem Stromanstieg (Gasentladung infolge zu kalten Rohres)  $U_2$  sofort auf 0 zurückstellen. Ofenspannung um 5 V oder Sollwert um ca. 2 °C erhöhen; nach 5 min gemäß d) verfahren. Erforderlichenfalls Ofentemperatur weiter erhöhen, bis der Strom  $I_A$  den in Abschnitt d) beschriebenen Verlauf zeigt.
- f) Steigt der Strom  $I_A$  beim Durchlaufen der Spannung  $U_2$  nur sehr langsam an, die Ofenspannung um ca. 5 V oder die Solltemperatur um 2 °C erniedrigen; nach einer Abkühlphase von ca. 10 min gemäß d) verfahren; erforderlichenfalls Temperatur weiter erniedrigen, bis  $I_A$  den in Abschnitt d) beschriebenen Verlauf hat.
- g)  $U_2$  bei verschiedenen Steuerspannungen ( $U_1$  über Potentiometer (b) in Stufen von 0,1 V erhöhen) durchlaufen, bis der Strom mindestens 4 ausgeprägte Maxima aufweist.
- h) Gegebenfalls Schreiber anschließen; Kalibrierung:  
 X-Achse: 1 V  $\text{cm}^{-1}$ ; var.  
 Y-Achse: 1 V  $\text{cm}^{-1}$ ; var.
- b) Switch on the cathode supply voltage.
- c) Only necessary when stabilized power pack (522 35) according to Fig. 3.1 is used: Turn the potentiometer (a) fully clockwise; apply a voltage  $U_2$  of e.g. 30 V via potentiometer (c) and immediately reset potentiometer (a) to 0.
- d) After approx. 1 minute's cathode heating, slowly increase voltage  $U_2$  via potentiometer (a); if the current rises slowly and continuously or it shows the typical Franck-Hertz characteristic, go on with step g).
- e) In case of abrupt current rise (gas discharge due to cold tube) immediately reset  $U_2$  to 0. Increase oven voltage by 5 V or increase the set point by approx. 2 °C; after 5 min proceed as under section d). If necessary, keep on increasing the oven temperature until current  $I_A$  shows the characteristic described under section d).
- f) If the current  $I_A$  increases only very slowly when running through voltage  $U_2$ , reduce the oven voltage by 5 V or reduce the set point by 2 °C. After cooling down the unit for 10 min, proceed as under d). If necessary, keep on reducing the temperature until  $I_A$  shows the characteristic described under section d).
- f) Run through  $U_2$  at different control voltages (increase  $U_1$  by steps of 0.1 V via potentiometer (b)) until the current shows at least 4 distinct peaks.
- h) If necessary, connect the recorder; calibration:  
 X-axis: 1 V  $\text{cm}^{-1}$ ; var.  
 Y-axis: 1 V  $\text{cm}^{-1}$ ; var.

Nach Beendigung des Versuchs Betriebsspannungen zunächst abschalten und dann Rohr aus dem Ofen nehmen.

After finishing the experiment, at first switch off the operating voltage and then remove the tube from the oven.