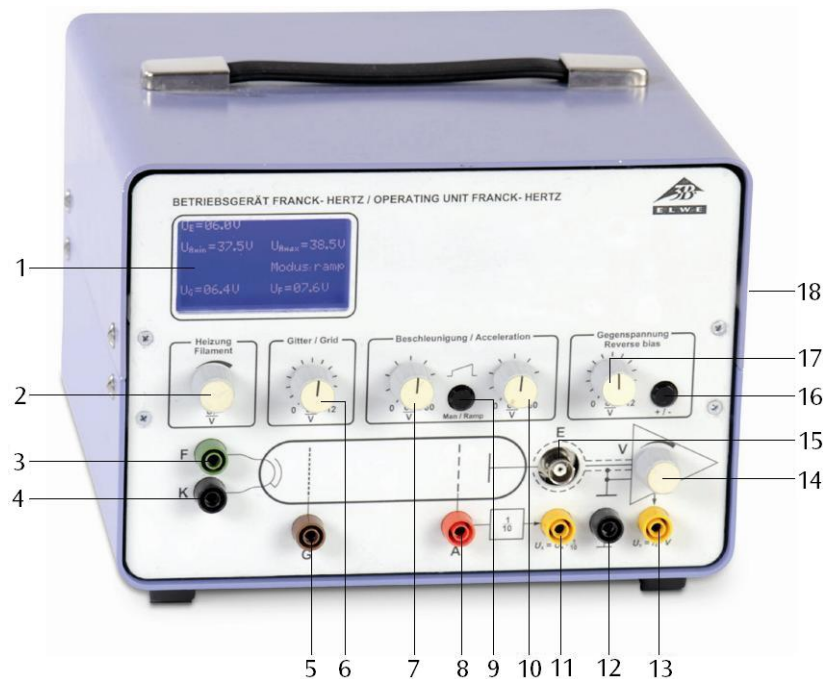


## Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment (230 V, 50/60 Hz) Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment (115 V, 50/60 Hz)

1012819 (230 V, 50/60 Hz)  
 1012818 (115 V, 50/60 Hz)

### Bedienungsanleitung

01/14 ALF



- 1 Display
- 2 Drehsteller Heizspannung
- 3 Ausgang Heizspannung
- 4 Ausgang Kathode
- 5 Ausgang Steuergitter
- 6 Drehsteller Steuerspannung
- 7 Drehsteller „minimale Beschleunigungsspannung“
- 8 Ausgang Beschleunigungsspannung
- 9 Wahltaster „Man“/„Ramp“
- 10 Drehsteller „maximale Beschleunigungsspannung“
- 11 Ausgang „Beschleunigungsspannung / 10“
- 12 Massebuchse
- 13 Ausgang F/H-Signal
- 14 Drehsteller Amplitude F/H-Signal
- 15 Eingang F/H-Signal
- 16 Wahltaster „Polarität der Gegenspannung“
- 17 Drehsteller Gegenspannung
- 18 Netzschalter (Rückseite des Geräts)

## 1. Sicherheitshinweise

Das Gerät entspricht den Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte nach DIN EN 61010 Teil 1 und ist nach Schutzklasse I aufgebaut. Es ist für den Betrieb in trockenen Räumen vorgesehen, welche für elektrische Betriebsmittel oder Einrichtungen geeignet sind.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb des Gerätes gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn das Gerät unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt wird. Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, ist das Gerät unverzüglich außer Betrieb zu setzen (z.B. bei sichtbaren Schäden) und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern.

In Schulen und Ausbildungseinrichtungen ist der Betrieb des Gerätes durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.

- Vor der Erstinbetriebnahme überprüfen, ob das Gerät für die ortsübliche Netzspannung ausgelegt ist.
- Vor Versuchsbeginn Gerät auf Beschädigungen untersuchen.
- Bei sichtbaren Schäden oder Funktionsstörungen ist das Gerät unverzüglich außer Betrieb zu setzen.
- Gerät nur an Steckdosen mit geerdetem Schutzleiter anschließen.
- Gerät nur durch eine Elektrofachkraft öffnen lassen.

## 2. Beschreibung

Das Betriebsgerät Franck-Hertz ist sowohl zur Durchführung des Franck-Hertz-Experiments mit Quecksilberdampf, mit Neogas als auch zum Betrieb der Kritisches-Potenzial-Röhren S einsetzbar. Es liefert alle notwendigen Versorgungsspannungen zum Betrieb der Röhren und hat einen eingebauten hochempfindlichen Gleichstromverstärker zur Messung des Auffängerstroms.

### 1. Beschleunigungsspannung $U_A$ :

Wahlweise 0 – 80 V stabilisierte Gleichspannung (Modus „Man“) oder Sägezahnspannung 50 Hz (Modus „Ramp“). Am Oszilloskopausgang  $U_X$  ist diese Spannung durch 10 geteilt.

### 2. Heizspannung $U_F$ :

Gleichspannung 0 – 12 V für den Heizfaden der Röhre.

### 3. Gegenspannung $U_E$ :

Gleichspannung 0 – 12 V, als Gegenspannung zwischen Gitter und Auffängerelektrode.

### 4. Steuerspannung $U_G$ :

Gleichspannung 0 – 12 V, als Spannung zwischen Steuergitter und Kathode in der Franck-Hertz-Röhre mit Neon.

### 5. Gleichstromverstärker:

Der Gleichstromverstärker liefert eine zum Auffängerstrom proportionale, bis 10 mA belastbare Spannung. Bei kleinster Verstärkung entspricht 1 V Messspannung einem Elektronenstrom von ca. 38 nA und bei höchster Verstärkung einem Elektronenstrom von ca. 12 nA.

Die Spannungen können gleichzeitig auf dem Display abgelesen werden.

Für den Anodenstrom und die Beschleunigungsspannung stehen zusätzliche analoge Messausgänge zur Verfügung.

Das Gerät 1012818 ist für eine Netzspannung von 115 V ( $\pm 10\%$ ) ausgelegt, 1012819 für 230 V ( $\pm 10\%$ ).

## 3. Technische Daten

Netzanschlussspannung: siehe Gehäuserückseite

Heizspannung  $U_F$ : 0 – 12 V, kontinuierlich einstellbar

Heizstrom: 0 – 2,5 A

Steuerspannung  $U_G$ : 0 – 12 V, kontinuierlich einstellbar

Beschleunigungsspannung  $U_A$ : 0 – 80 V, kontinuierlich einstellbar oder sägezahnförmig

Gegenspannung  $U_E$ : 0 –  $\pm 12$  V, kontinuierlich einstellbar, Vorzeichen umschaltbar

Messausgang  $U_Y$

für Auffängerstrom  $I_E$ :  $I_E = U_A \cdot 38 \text{ nA/V}$  (0 – 12 V)

Messausgang  $U_X$  für  $U_A$ :  $U_X = U_A / 10$

Ausgänge: 4-mm-Sicherheitsbuchsen

Signal-Eingang: BNC-Buchse

Abmessungen: ca. 160x132x210 mm<sup>3</sup>

Masse: ca. 3,4 kg

## 4. Anwendungsbeispiele

### 4.1 Franck-Hertz-Röhre mit Hg-Füllung

Zusätzlich erforderlich:

1 Franck-Hertz-Röhre mit Hg-Füllung und Heizofen (230 V, 50/60 Hz)	1006795
oder	
1 Franck-Hertz-Röhre mit Hg-Füllung und Heizofen (115 V, 50/60 Hz)	1006794
1 Analog-Oszilloskop, 2x 30 MHz	1002727
1 HF-Kabel, 1 m	1002746
2 HF-Kabel, BNC / 4-mm-Stecker	1002748
Sicherheitsexperimentierkabel	

- Frontplatte an die offene Heizofenseite setzen und mit den 6 Rändelschrauben befestigen.
- Heizofen und Betriebsgerät zunächst ausgeschaltet lassen und alle Stellknöpfe des Betriebsgeräts zum linken Anschlag drehen.
- Spannung nicht an die kalte Röhre anlegen (Kurzschlussgefahr durch das enthaltene Quecksilber).
- Die Ein- bzw. Ausgänge „A“, „F“ und „K“ miteinander verbinden (siehe Fig. 1).
- Ausgang „E“ der Franck-Hertz-Röhre mittels BNC-Kabel mit dem entsprechenden Eingang des Betriebsgerätes verbinden.
- Ausgang FH Signal „ $U_Y$ “ am Betriebsgerät an den Y-Eingang und Ausgang „ $U_X$ “ an den X-Eingang des Oszilloskops anschließen.
- Heizofen einschalten, Temperatur von ca. 210° C einstellen und abwarten bis die Röhre aufgeheizt ist (ca. 5 bis 10 min.).
- Betriebsgerät einschalten, das Gerät befindet sich im Rampenmodus.
- Heizspannung 6 V – 7 V einstellen. Die indirekt geheizte Kathode benötigt nach Anlegen der Heizspannung eine Anheizzeit von ca. 1:30 min.
- Minimale Beschleunigungsspannung auf Null stellen, maximale Beschleunigungsspannung langsam auf 80 V erhöhen.
- Die Beschleunigungsspannung jedoch nur so weit erhöhen, dass in der Röhre keine selbständige Entladung auftritt, denn durch Stoßionisation wird die Kurve gestört.
- Oszilloskop zunächst mit den Einstellungen  $x = 1 \text{ V/Div}$  und  $y = 1 \text{ V/Div}$  betreiben.
- Die Entstehung der Maxima der Franck-Hertz-Kurve auf dem Bildschirm des Oszilloskops beobachten.
- Parameter Beschleunigungsspannung, Kathodenheizung, Gegenspannung und

Amplitude so einstellen, dass eine Kurve mit gut ausgeprägten Maxima/Minima entsteht.

Das beschriebene Verfahren ist eine allgemeine Einstellprozedur. Da die Franck-Hertz-Röhren in Handarbeit gefertigt werden, gibt es zwischen den verschiedenen Röhren sehr große Unterschiede der optimalen Parameter. Einen Anhaltspunkt für gute Werte liefert das den Röhren beiliegende Messprotokoll.

Der Auffängerstrom weist in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung periodisch wiederkehrende und äquidistante Maxima und Minima auf. Der Abstand zwischen den Maxima beträgt 4,9 V. In der Röhre besteht zwischen Kathode und Anode ein Kontaktpotenzial von 2 V. Dies ist die Ursache warum das erste Maximum bei etwa 7 V liegt. Die ersten Maxima sind besser ausgeprägt, wenn die Ofentemperatur niedriger ist.

### 4.2 Franck-Hertz-Röhre mit Ne-Füllung

Zusätzlich erforderlich:

1 Franck-Hertz-Röhre mit Ne-Füllung auf Anschlusssockel	1000912
1 Analog-Oszilloskop, 2x 30 MHz	1002727
1 HF-Kabel, 1 m	1002746
2 HF-Kabel, BNC / 4-mm-Stecker	1002748
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  $x = 1 \text{ V/Div}$  und  $y = 2 \text{ V/Div}$  betreiben.
- Heizspannung langsam erhöhen bis der Heizfaden anfängt schwach rötlich zu glühen. Dann ca. 30 Sekunden warten bis die Betriebstemperatur erreicht ist.
- Minimale Beschleunigungsspannung auf Null stellen, maximale 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 Kathode 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.

### 4.3 Kritisches-Potenzial-Röhre

Zusätzlich erforderlich:

1 Kritisches-Potenzial-Röhre S mit He-Füllung  
1000620

oder

1 Kritisches-Potenzial-Röhre S mit Ne-Füllung  
1000621

1 Röhrenhalter S 1014525

1 Analog-Oszilloskop, 2x 30 MHz 1002727

1 HF-Kabel, 1 m 1002746

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

Sicherheitsexperimentierkabel

#### Beobachtung der kritischen Potenziale

- Kritisches-Potenzial-Röhre in den Röhrenhalter einschieben. Dabei darauf achten, dass die Kontaktstifte der Röhre ganz in die dafür vorgesehenen Kontaktöffnungen des Halters einrasten. Der mittlere Führungsstift der Röhre muss leicht hinten am Halter herausragen.
- Betriebsgerät zunächst ausgeschaltet lassen, mit allen Stellknöpfen auf linkem Anschlag.
- Die Buchse F3 des Röhrenhalters mit dem Ausgang F am Betriebsgerät, C5 mit dem Ausgang K (Anschlüsse C5 und F4 sind innerhalb der Röhre miteinander verbunden) und A1 mit dem Ausgang A verbinden (siehe Fig. 3).
- Abschirmung über die Röhre stülpen, mit der Falzkante in die Aufnahme des Röhrenhalters schieben und mit der Massebuchse am Betriebsgerät verbinden.
- Anschlusskabel des Kollektorings an den Eingang F/H-Signal E anschließen.

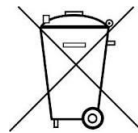
- Ausgang FH Signal „ $U_Y$ “ am Betriebsgerät an den Y-Eingang und Ausgang „ $U_X$ “ an den X-Eingang des Oszilloskops anschließen.
- Oszilloskop mit den Einstellungen  $x = 1 \text{ V/Div}$  und  $y = 1 \text{ V/Div}$  betreiben.
- Minimale Beschleunigungsspannung auf ca. 15 V und maximale Beschleunigungsspannung auf ca. 28 V stellen.
- Heizspannung von 2,7 V einstellen.
- Heizspannung etwas erhöhen und die minimale und die maximale Beschleunigungsspannung  $U_A$  optimieren.
- Im Spektrum den  $^{23}\text{S}$ -Peak bei 19,8 eV identifizieren und seine Position  $t_1$  auf der Zeitachse bestimmen.
- Ionisationsgrenze bei 24,6 eV identifizieren.

#### Beobachtung der Ionisation

- Zur Beobachtung der Ionisation Vorzeichen der Gegenspannung umschalten.

### 5. Aufbewahrung, Reinigung, Entsorgung

- Gerät an einem sauberen, trockenen und staubfreien Platz aufbewahren.
- Vor der Reinigung Gerät von der Stromversorgung trennen.
- Zur Reinigung keine aggressiven Reiniger oder Lösungsmittel verwenden.
- Zum Reinigen ein weiches, feuchtes Tuch benutzen.
- 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.



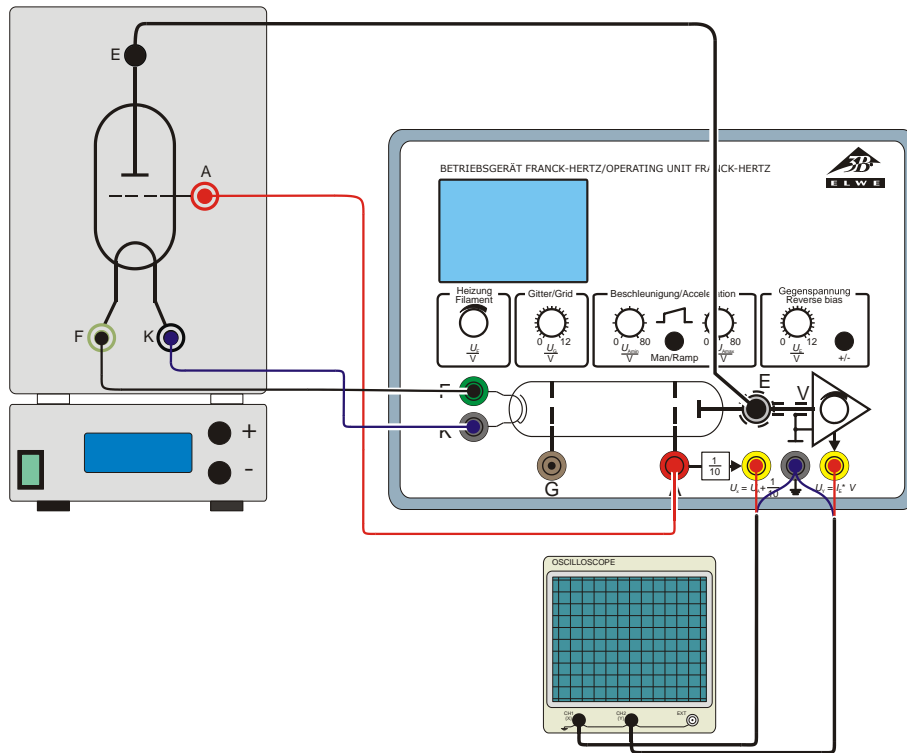


Fig. 1 Experimenteller Aufbau Frank-Hertz-Röhre mit Hg-Füllung

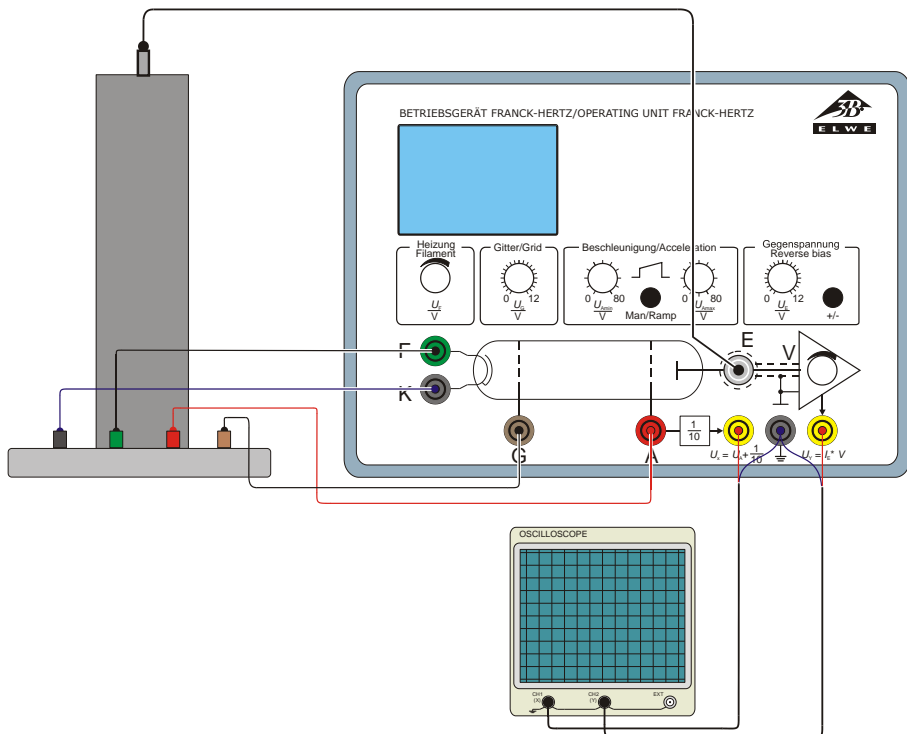


Fig. 2 Experimenteller Aufbau Frank-Hertz-Röhre mit Ne-Füllung

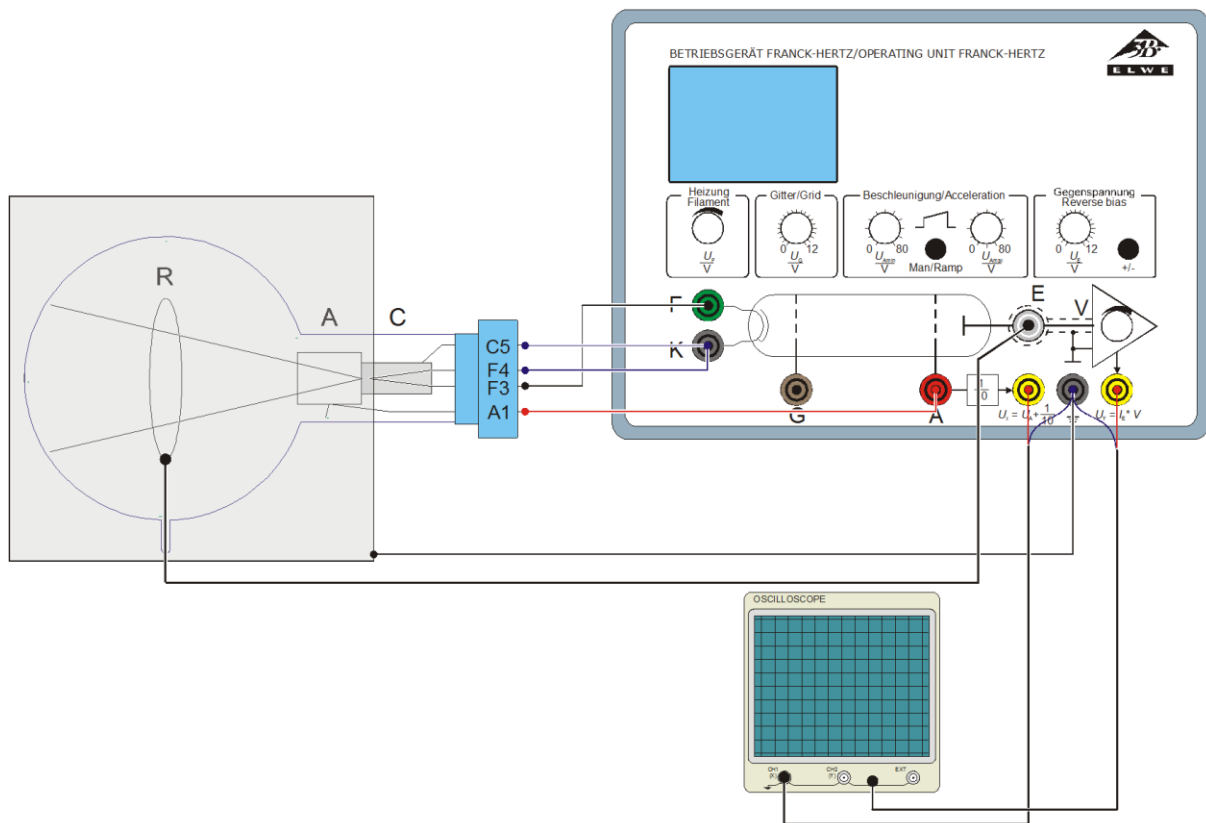


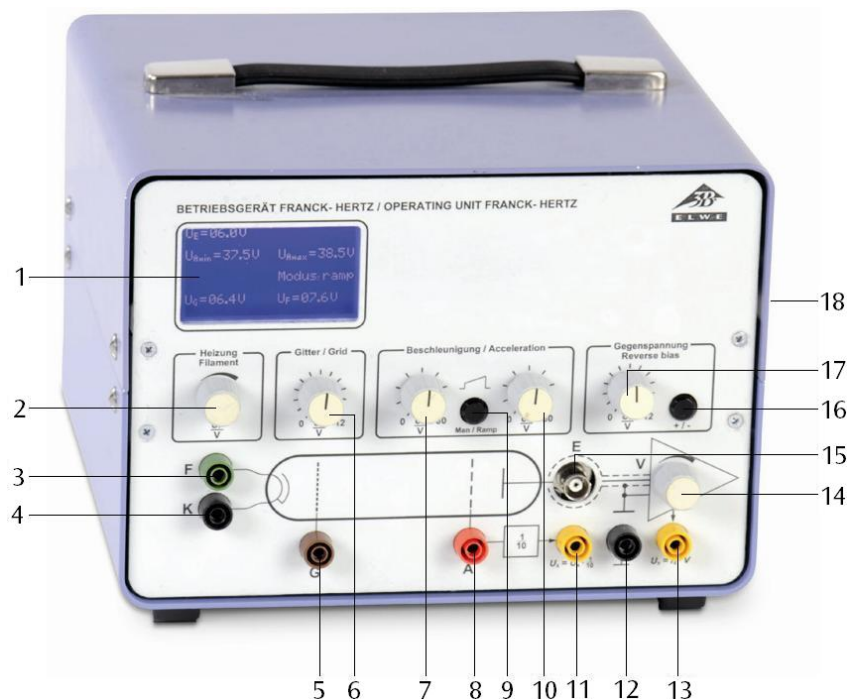
Fig. 3 Experimenteller Aufbau Kritisches-Potenzial-Röhre

## Power Supply Unit for Franck-Hertz Experiment (230 V, 50/60 Hz) Power Supply Unit for Franck-Hertz Experiment (115 V, 50/60 Hz)

1012819 (230 V, 50/60 Hz)  
1012818 (115 V, 50/60 Hz)

### Instruction sheet

01/14 ALF



- 1 Display
- 2 Rotary knob for heater voltage
- 3 Heater voltage output
- 4 Cathode output
- 5 Control grid output
- 6 Rotary knob for control voltage
- 7 Rotary knob for "minimum accelerating voltage"
- 8 Accelerating voltage output
- 9 "Man(ual)"/"Ramp" selector switch
- 10 Rotary knob for "maximum accelerating voltage"
- 11 Output "accelerating voltage/10"
- 12 Ground socket
- 13 F/H signal output
- 14 Rotary knob for F/H signal amplitude
- 15 F/H signal input
- 16 "Polarity of reverse bias" selector switch
- 17 Rotary knob for reverse bias
- 18 Power switch (back side)

## 1. Safety instructions

The apparatus conforms to the safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use of DIN EN 61010 part 1 and is classified as belonging to protection class I. It is intended for operation in dry rooms that are suitable for electrical equipment or installations.

Safe operation of the apparatus is guaranteed with correct handling. However, safety is not guaranteed if the apparatus is handled improperly or carelessly. If it is to be expected that safe operation is impossible (e.g., in case of visible damage), the apparatus is to be rendered inoperative immediately and to be safeguarded from unintentional use.

In schools and training institutions, operation of the

apparatus is to be responsibly supervised by trained personnel.

- Before first use, check if the apparatus is designed for local line voltage.
- Before start of the experiment, check the apparatus for damage.
- In case of visible damage or functional anomalies, render the apparatus inoperative immediately.
- The instrument may only be connected to the mains via a socket that has an earth connection.
- Allow only trained electronics specialists to open the apparatus.

## 2. Description

The Franck-Hertz control unit can be used to operate the mercury filled Franck-Hertz tube, the neon filled Franck-Hertz tube or the critical potential tubes S. It provides all the voltages needed to power the tubes and includes a highly sensitive built-in DC amplifier for measuring collector current.

### 1. Accelerating voltage $U_A$ :

Choice of 0 – 80 V stabilised DC voltage ("Man(ual)" mode) or 50 Hz saw-tooth voltage ("Ramp mode"). At the oscilloscope output  $U_X$  this voltage is divided by 10.

### 2. Heater voltage $U_F$ :

DC voltage 0 – 12 V for the heater filament of the tube.

### 3. Countervoltage $U_E$ :

DC voltage of 0 – 12 V for reverse bias between grid and collector electrode.

### 4. Control voltage $U_G$ :

DC voltage of 0 – 12 V between the control grid and the cathode in the neon-filled Franck-Hertz tube

### 5. DC amplifier:

The DC amplifier provides a voltage proportional to the collector current, rated up to 10 mA. At the lowest amplification 1 V of voltage measured corresponds to an electron current of 38 nA approx. and at the highest amplification to an electron current of 12 nA approx.

The voltages can simultaneously be read off a display.

Additional measuring inputs are also available for the anode current and accelerating voltage.

The apparatus 1012818 is for operation with a mains voltage of 115 V ( $\pm 10\%$ ), and the unit 1012819 is for operation with a mains voltage of 230 V ( $\pm 10\%$ ).

## 3. Technical data

Mains voltage:	See back of chassis
Filament voltage $U_F$ :	0 – 12 V, continuously adjustable
Heater current:	0 – 2.5 A
Control voltage $U_G$ :	0 – 12 V, continuously adjustable
Accelerating voltage $U_A$ :	0 – 80 V, continuously adjustable or saw-tooth
Countervoltage $U_E$ :	0 – $\pm 12$ V, continuously adjustable, switchable polarity
Output $U_Y$ for collector current $I_E$ :	$I_E = U_A \cdot 38 \text{ nA/V}$ (0–12V)
Output $U_X$ for accelerating voltage $U_A$ :	$U_X = U_A / 10$
Outputs:	4 mm safety sockets
Input:	BNC socket
Dimensions:	160x132x210 mm <sup>3</sup> approx.
Weight:	3.4 kg approx.



## 4. Examples of use

### 4.1 Franck-Hertz tube with Hg filling

Additionally required:

1 F/H tube w. Hg filling a. heating chamber (230 V, 50/60 Hz) 1006795

or

1 F/H tube w. Hg filling a. heating chamber (115 V, 50/60 Hz) 1006794

1 Analogue oscilloscope, 2x 30 MHz 1002727

1 HF patch cord, 1 m 1002746

2 HF patch cords, BNC / 4-mm plug 1002748

Safety leads for experiments

- Place front plate of the open side of the heating chamber and fix it in place with 6 knurled screws.
- Turn off the heating chamber and the control unit to begin with and turn all the knobs on the control fully to the left.
- Do not apply a voltage to the tube when it is still cold (the mercury inside may cause a short circuit).
- Connect terminals "A", "F" and "K" (refer to Fig. 1).
- Connect terminal "E" of the Franck-Hertz tube to the correct input on the control unit by means of an BNC cable.
- Connect the "FH Signal UY-out" terminal of the control unit to the Y input of the oscilloscope and terminal "UX" to the X input.
- Turn on the heating chamber. Set a temperature of about 210° C and wait for the tube to warm up (about 5 to 10 minutes).
- Turn on the control unit and the equipment should enter ramp mode.
- Set a filament voltage of 6 – 7 V. The indirectly heated cathode requires about 90 seconds to warm up, once the voltage is applied.
- Set the minimum acceleration voltage to zero, slowly increase the maximum acceleration voltage to 80 V.
- Do not, however, increase the accelerating voltage so much that self-discharge no longer occurs inside the tube. Any ionisation due to collisions will disrupt the curve.
- Set up the oscilloscope initially with settings of  $x = 1 \text{ V/div}$  and  $y = 1 \text{ V/div}$ .
- Observe the emergence of the maxima in the Franck-Hertz trace on the oscilloscope screen.

- Set up all the parameters, accelerating voltage, cathode filament, bias voltage and amplitude so that a trace with nicely delineated maxima and minima is obtained.

The procedure as described so far is a general setting procedure. Since the Franck-Hertz tubes are hand-made, there may be quite large differences in the optimum parameters from one tube to the next. The test report included with the tube should give some idea of where good results may be obtained for the tube in question.

The collector current displays regularly recurring, equidistant maxima and minima that are independent of the accelerating voltage. The interval between these peaks is 4.9 V. A contact potential of 2 V exists between the anode and cathode of the tube, which is why the first maximum only appears in the region of 7 V. The first maxima will be more obvious when the temperature of the heating chamber is lower.

### 4.2 Franck-Hertz tube with Ne filling

Additionally required:

1 Franck-Hertz tube with Ne filling 1000912

1 Analogue oscilloscope, 2x 30 MHz 1002727

1 HF lead, 1 m 1002746

2 HF leads, BNC / 4-mm plug 1002748

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  $x = 1 \text{ V/div}$  and  $y = 2 \text{ V/div}$ .
- 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 minimum acceleration voltage to zero, choose a maximum acceleration voltage of 80 V and set the control grid voltage to 9 V.

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

- Gradually increase the filament voltage until an orange glow appears between the cathode and the grid. Then turn down the filament 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.

### 4.3 Critical potential tube

Additionally required:

1 Critical potential tube S with He-filling	1000620
or	
1 Critical potential tube S with Ne-filling	1000621
1 Tube holder S	1014525
1 Analogue oscilloscope, 2x 30 MHz	1002727
1 HF lead, 1 m	1002746
2 HF leads, BNC / 4-mm plug	1002748
Safety leads for experiments	

### Observation of critical potentials

- Fit the critical potential tube into the tube holder, ensuring that the contact pins of the tube are correctly and fully engaged in the tube socket of the holder. The central guide pin of the tube should project slightly at the back of the holder.
- Start with the voltage supply unit switched off, and with all the voltage setting knobs fully to the left.
- Connect terminal F3 on the tube holder with output F of the control unit, connect C5 to output K (C5 and F4 are connected together internally inside the tube) and A1 to output A (refer to Fig. 3).
- Fit the screening frame over the tube, push its folded edge into the opening in the tube holder and connect it to the earth socket on the control unit.
- Connect the lead from the collector ring to the F/H signal input socket E.
- Connect the "FH Signal  $U_Y$ -out" terminal of the control unit to the Y input of the oscilloscope and terminal " $U_X$ " to the X input.

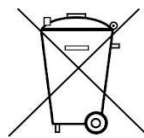
- Set up the oscilloscope initially with settings of  $x = 1 \text{ V/div}$  and  $y = 1 \text{ V/div}$ .
- Set the minimum acceleration voltage to about 15 V and the maximum acceleration voltage to about 28 V.
- Set a filament voltage of 2.7 V.
- Increase the filament voltage slightly and optimize the minimum and maximum acceleration voltage  $U_A$ .
- In the spectrum, identify the  $^{23}\text{S}$  peak at 19.8 eV and determine its position  $t_1$  on the time axis.
- Identify the ionisation threshold at 24.6 eV.

### Observation of ionisation

- In order to observe ionisation change the sign for the polarity of the counter voltage.

## 5. Storage, cleaning, disposal

- Keep the apparatus in a clean, dry and dust free place.
- Before cleaning the equipment, disconnect it from its power supply.
- Do not clean the unit with volatile solvents or abrasive cleaners.
- Use a soft, damp cloth to clean it.
- 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.



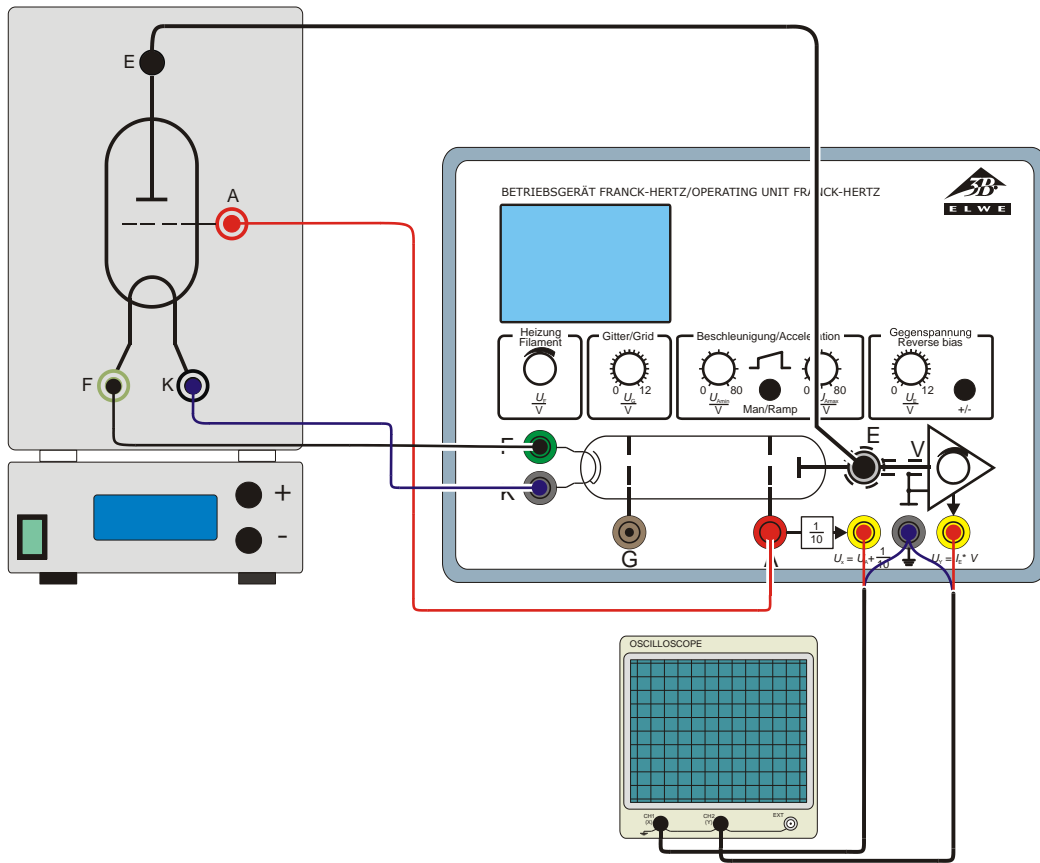


Fig. 1 Experiment set-up - Franck-Hertz tube filled with mercury

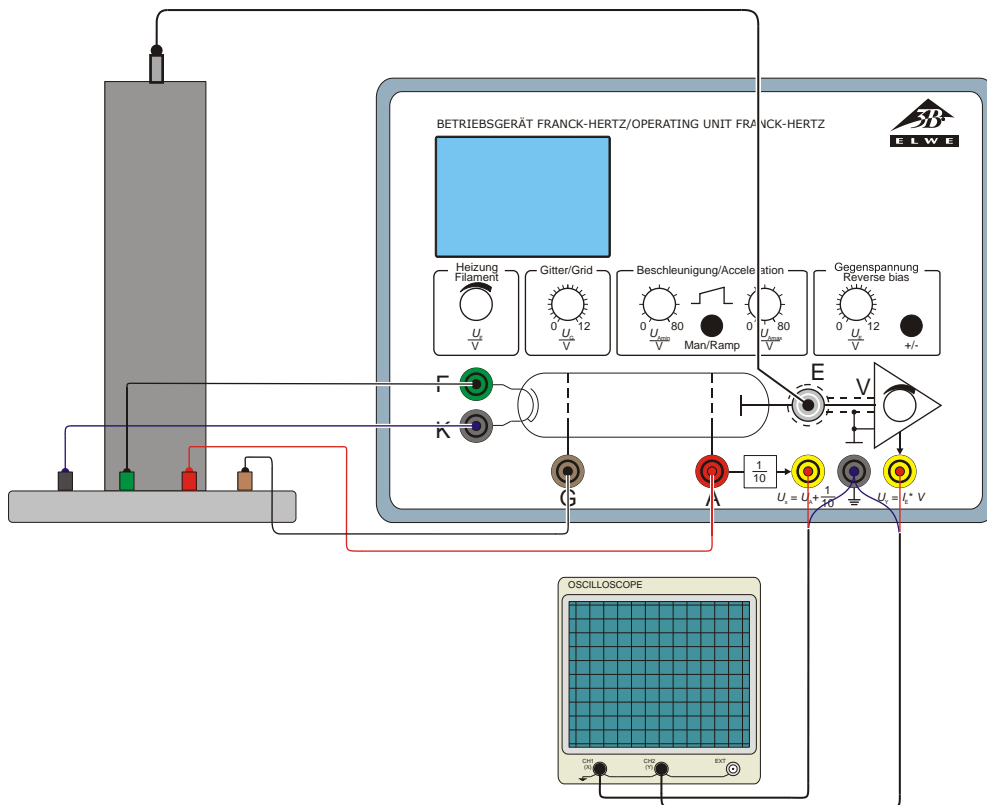


Fig. 2 Experiment set-up - Franck-Hertz tube filled with neon

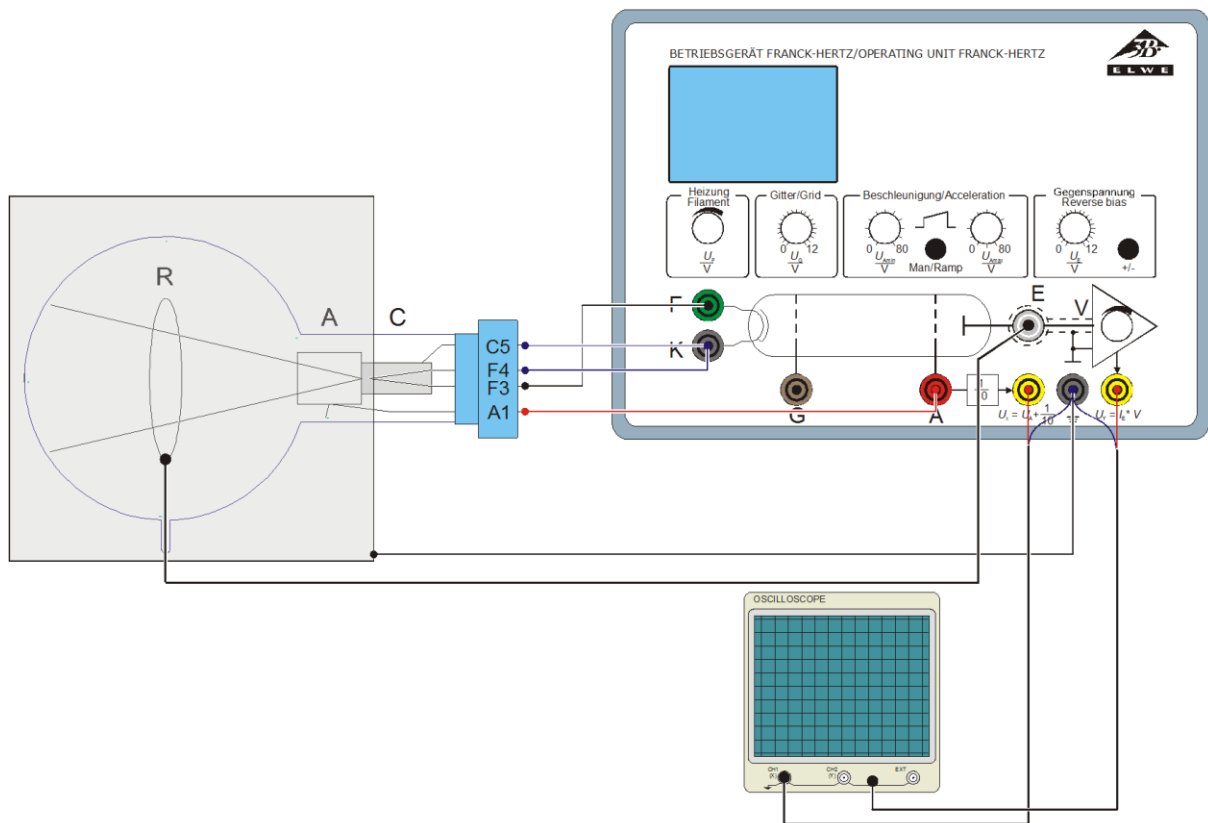


Fig. 3 Experiment set-up - critical potential tube

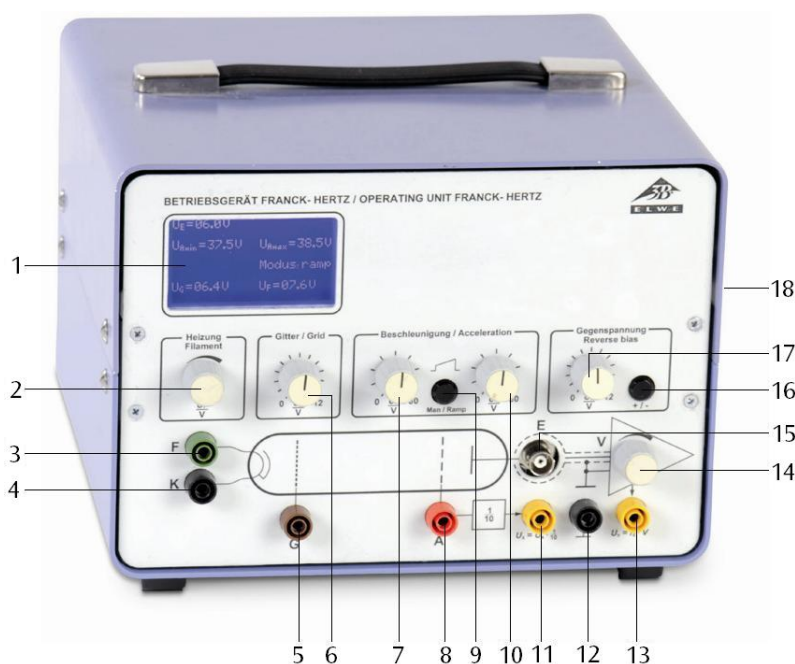
**Equipo para la ejecución del experimento de Franck y Hertz (230 V, 50/60 Hz)**  
**Equipo para la ejecución del experimento de Franck y Hertz (115 V, 50/60 Hz)**

**1012819 (230 V, 50/60 Hz)**

**1012818 (115 V, 50/60 Hz)**

## Instrucciones de uso

01/14 ALF



- 1 Display
- 2 Ajuste giratorio tensión de calentamiento
- 3 Salida tensión de calentamiento
- 4 Salida cátodo
- 5 Salida rejilla de control
- 6 Ajuste giratorio tensión de control
- 7 Ajuste giratorio de "tensión de aceleración mínima"
- 8 Salida tensión de aceleración
- 9 Tecla de elección "Man" / "Ramp"
- 10 Ajuste giratorio de "tensión de aceleración máxima"
- 11 Salida "tensión de aceleración/10"
- 12 Masa
- 13 Salida señal F/H
- 14 Ajuste giratorio de amplitud de señal de F/H
- 15 Entrada señal de F/H
- 16 Tecla de elección "Polaridad de la contratensión"
- 17 Ajuste giratorio para contratensión
- 18 Interruptor de red (dorso del aparato)

## 1. Advertencias de seguridad

El aparato de Franck-Hertz es conforme con las determinaciones de seguridad para aparatos eléctricos de medida, control, regulación y de laboratorios indicadas en la normativa DIN EN 61010, Parte 1 y está diseñado según la clase de protección 1. El aparato está previsto para su trabajo en recintos secos, los cuales sea apropiados para componentes o instalaciones eléctricas.

Se garantiza el trabajo seguro del aparato si se le aplica según su uso específico. La seguridad no se puede garantizar en caso de que se maneje fuera de sus especificaciones o sin el correspondiente cuidado. Si es de suponer que no se puede garantizar un trabajo sin peligro se debe poner inmediatamente fuera de servicio (p.ej. en caso de daños plenamente visibles) y se debe asegurar contra funcionamiento no voluntario.

## 2. Descripción

El aparato de Franck-Hertz puede ser utilizado para la realización del experimento de Franck-Hertz tanto con vapor de mercurio así como con gas de Neón y además para el funcionamiento de los tubos de potencial crítico S. Éste suministra todas las tensiones necesarias para el funcionamiento de los tubos y posee un amplificador de corriente continua incorporado, sensible, para la medición de la corriente de colector.

### 1. Tensión de aceleración $U_A$ :

Tensión continua de 0 a 80 V estabilizada (Modo "Man") resp. tensión de dientes de sierra 50 Hz (Modo "Ramp"). En la salida para osciloscopio  $U_X$  se tiene a disposición esta tensión dividida por 10.

### 2. Tensión de calentamiento $U_F$ :

Tensión continua 0 – 12 V para el filamento del tubo.

### 3. Contratensión $U_E$ :

Tensión continua 0 – 12 V, como contratensión entre la rejilla y el electrodo receptor.

### 4. Tensión de control $U_G$ :

Tensión continua de 0 – 12 V, como tensión entre la rejilla de control y el cátodo en el tubo de Franck-Hertz con Neón.

### 5. Amplificador de corriente continua:

El amplificador de corriente continua entrega una tensión continua proporcional a la corriente del electrodo receptor con una capacidad de carga de hasta 10 mA. En caso de amplificación mínima, una tensión de medida de 1 V corresponde a una corriente

de electrodo de aprox. 38 nA y con máxima amplificación una corriente de electrodo de aprox. 12 nA.

- Antes de la primera puesta en marcha se debe comprobar que la tensión del aparato corresponde a la tensión de red local.
- Antes de iniciar la experimentación se debe comprobar si el aparato muestra daños.
- En caso de daños visibles o de perturbaciones funcionales se debe poner el aparato inmediatamente fuera de servicio.
- El aparato se conecta sólo en enchufes con un conductor de protección conectado a la tierra.
- El aparato sólo se debe dejar abrir por un especialista en electricidad.

Las tensiones se pueden leer al mismo tiempo en un display.

Se dispone de varias salidas analógicas de medición adicionales para la corriente anódica y la tensión de aceleración.

El aparato 1012818 está dimensionada para una tensión de red de 115 V ( $\pm 10\%$ ) resp. 1012819 para 230 V ( $\pm 10\%$ ).

de electrodo de aprox. 38 nA y con máxima amplificación una corriente de electrodo de aprox. 12 nA.

## 3. Datos técnicos

Tensión de conexión a la red:	ver el dorso de la carcasa del aparato
Tensión de calentamiento $U_F$ :	0 – 12 V, de ajuste continuo
Corriente de caldeo:	0 – 2,5 A
Tensión de control $U_G$ :	0 – 12 V, de ajuste continuo
Tensión de aceleración $U_A$ :	0 – 80 V, de ajuste continuo o forma de dientes de sierra
Contratensión $U_E$ :	0 – $\pm 12$ V, de ajuste continuo, se puede conmutar el signo
Salida de medida $U_Y$ para corriente de colector $I_E$ :	$I_E = U_A \cdot 38 \text{ nA/V}$ (0–12V)
Salida de medida $U_X$ para tensión de aceleración $U_A$ :	$U_X = U_A / 10$
Salidas:	casquillos de seguridad de 4-mm
Entrada:	casquillo BNC
Dimensiones:	approx. 160x132x210 mm <sup>3</sup>
Masa:	approx. 3,4 kg

## 4. Ejemplos de aplicación

### 4.1 Tubo de Franck-Hertz de mercurio

Se requiere adicionalmente:

1 Tubo de F/H lleno de Hg y estufa de calefacción (230 V, 50/60 Hz)	1006795
0	
1 Tubo de F/H lleno de Hg y estufa de calefacción (115 V, 50/60 Hz)	1006794
1 Osciloscopio analógico, 2x 30 MHz	1002727
1 Cable AF, 1 m	1002746
2 Cables AF, conector macho BNC / 4 mm	1002748

Cables de experimentación de seguridad

- Se coloca la placa frontal en el lado abierto de la estufa de calentamiento y se fija con los 6 tornillos moleteados.
- La estufa y el aparato de servicio se dejan desconectados al principio y el botón de ajuste el aparato de servicio se gira hacia el extremo izquierdo.
- No conecte nunca una tensión con el tubo en frío (existe el peligro de cortocircuito debido al mercurio contenido en el tubo).
- Se conectan entre sí las salidas resp. las entradas "A", "F", "K" (ver fig. 1).
- Se conecta la salida "E" del tubo de Franck-Hertz con la correspondiente entrada del aparato de servicio, por medio de un cable de BNC.
- La salida FH Signal " $U_Y$ " en el aparato de servicio se conecta con la entrada Y y la salida " $U_X$ " en la entrada X del osciloscopio.
- Se conecta la estufa y se ajusta una temperatura de aprox. 210° C y se espera hasta que el tubo se caliente a esta temperatura (aprox. 5 a 10 min).
- Se conecta el aparato de control, el aparato se encuentra en modo de rampa.
- Ajuste la tensión de caldeo en 6 V – 7 V. El cátodo de caldeo indirecto necesita un tiempo de aprox. 1:30 min. para lograr su temperatura de trabajo.
- Se ajusta en 0 la mínima tensión de aceleración, se aumenta lentamente la máxima tensión de aceleración hasta 80 V.
- Sin embargo, la tensión de aceleración se puede seguir aumentando sólo siempre y cuando no se produzca una autodescarga independiente en el tubo, pues la ionización por choques atómicos destruye la curva.
- Primero se deja funcionar el osciloscopio en los ajustes  $x = 1$  V/Div resp.  $y = 1$  V/Div.

- Se observa en la pantalla del osciloscopio la aparición de los máximos de la curva de Franck-Hertz.
- Los parámetros: Tensión de aceleración, calefacción del cátodo, tensión inversa y amplitud se ajustan de tal forma que se pueda observar en la pantalla del osciloscopio una curva con máximos y mínimos bien definidos.

El procedimiento descrito es un proceso de ajuste general. Como los tubos de Franck-Hertz son producidos manualmente existen grandes diferencias entre los parámetros óptimos de cada uno de los tubos individuales. Una referencia de medida para unos valores óptimos se indica en el protocolo de medición que acompaña el tubo entregado.

La corriente del electrodo colector muestra máximos y mínimos equidistantes y repetitivos en dependencia con la tensión de aceleración. La distancia entre los máximos es de 4,9 V. Entre el cátodo y el ánodo en el tubo se experimenta un potencial de contacto de aprox. 2 V, por esta razón el primer máximo se observa con aprox. 7 V. Los primeros máximos se resaltan mejor cuando la temperatura de la estufa es baja.

### 4.2 Tubo de Franck-Hertz con llenado de Ne

Se requiere adicionalmente:

1 Tubo de F/H con Neón sobre zócalo de conexión	1000912
1 Osciloscopio analógico, 2x 30 MHz	1002727
1 Cable de AF, 1 m	1002746
2 Cables de AF, conector macho BNC / 4 mm	1002748

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 ajusta en 0 la mínima tensión de aceleración, se aumenta lentamente la máxima tensión de aceleración hasta 80 V y la tensión de rejilla de control se elige en 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 contratención 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.

### 4.3 Tubo del potencial crítico

Se requiere adicionalmente:

1 Tubo del potencial crítico S, llenado de He	1000620
o	
1 Tubo del potencial crítico S, llenado de Ne	1000621
1 Soporte de tubos S	1014525
1 Osciloscopio analógico, 2x 30 MHz	1002727
1 Cable de AF, 1 m	1002746
2 Cables de AF, conector macho BNC / 4 mm	1002748

Cables de experimentación de seguridad

### Observación de los potenciales críticos

- Se desliza el tubo para el potencial crítico en el soporte para tubo. Teniendo en cuenta que las espigas de contacto del tubo entren completamente y encajen en los orificios de contacto previstos en el soporte. La espiga guía central debe sobresalir un poco en la parte trasera del soporte.
- El aparato de servicio se deja primero desconectado, con todos los botones de ajuste en el extremo izquierdo.
- El casquillo F3 del soporte del tubo se conecta con la salida F del aparato de control, C5 con la salida K (los contactos C5 y F4 están conectados entre si dentro del tubo) y A1 se conecta con la salida A (ver fig. 3).
- El apantallamiento se coloca alrededor del tubo y el borde plagado se inserta en la toma del soporte del tubo, y se conecta con el casquillo de masa del aparato de control.

- Se conecta el cable de conexión del anillo colector en la entrada señal de F/H.
- La salida FH Signal "U<sub>Y</sub>" en el aparato de servicio se conecta con la entrada Y y la salida "U<sub>X</sub>" en la entrada X del osciloscopio.
- Se hace funcionar el osciloscopio con los ajustes  $x = 1 \text{ V/Div}$  resp.  $y = 1 \text{ V/Div}$ .
- Se ajusta la tensión de aceleración mínima en aprox. 15 V y la tensión de aceleración máxima en aprox. 28 V.
- Se ajusta una tensión de caldeo de 2,7 V.
- Se aumenta un poco la tensión de caldeo y se optimizan las tensiones de aceleración  $U_A$  mínima y máxima.
- En el espectro se identifica el pico  $2^3S$  en 19,8 eV y se determina su posición  $t_1$  en el eje de tiempos.
- Se identifica el umbral de ionización en 24,6 eV.

### Observación de ionización

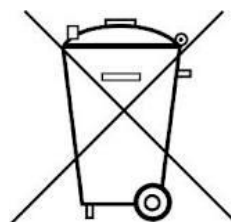
- Para la observación de ionización se le conmuta el signo a la contratención.

## 5. Mantenimiento, limpieza, desecho

- El aparato debe permanecer en un lugar limpio, seco y libre de polvo.
- Antes de la limpieza el aparato se separa del suministro de corriente.
- No se debe usar ningún elemento agresivo ni disolventes para limpiar el aparato.
- Para limpiarlo se utiliza un trapo suave húmedo.

El embalaje se desecha en los lugares locales para reciclaje.

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





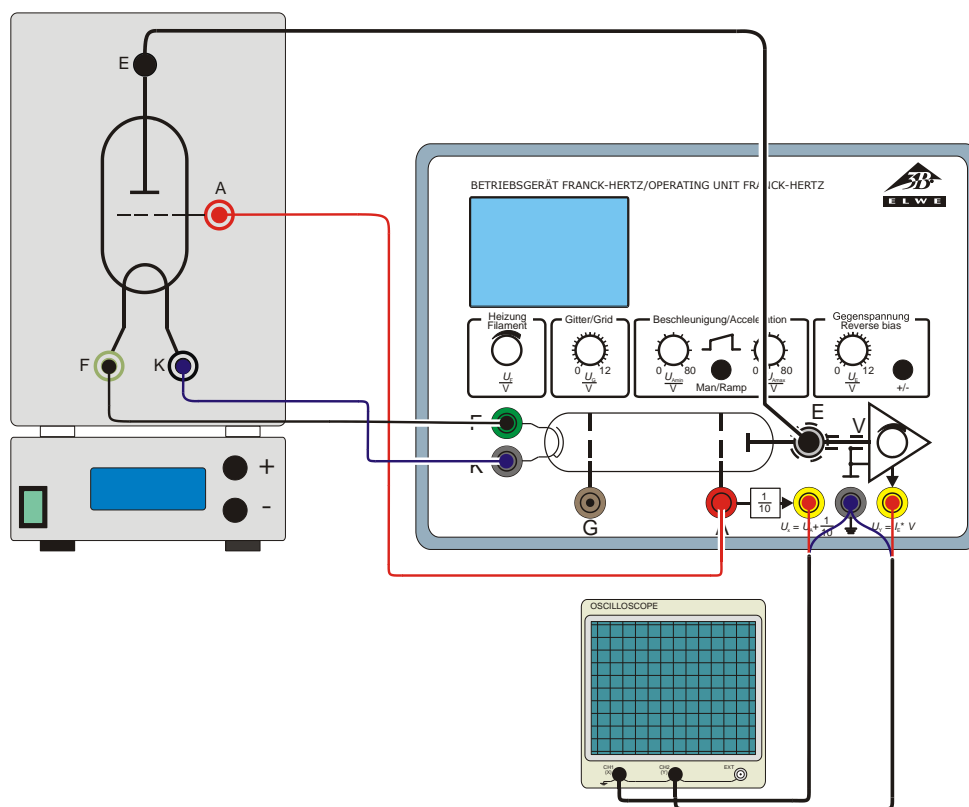


Fig. 1 Montaje de experimentación, tubo de Franck-Hertz con Hg

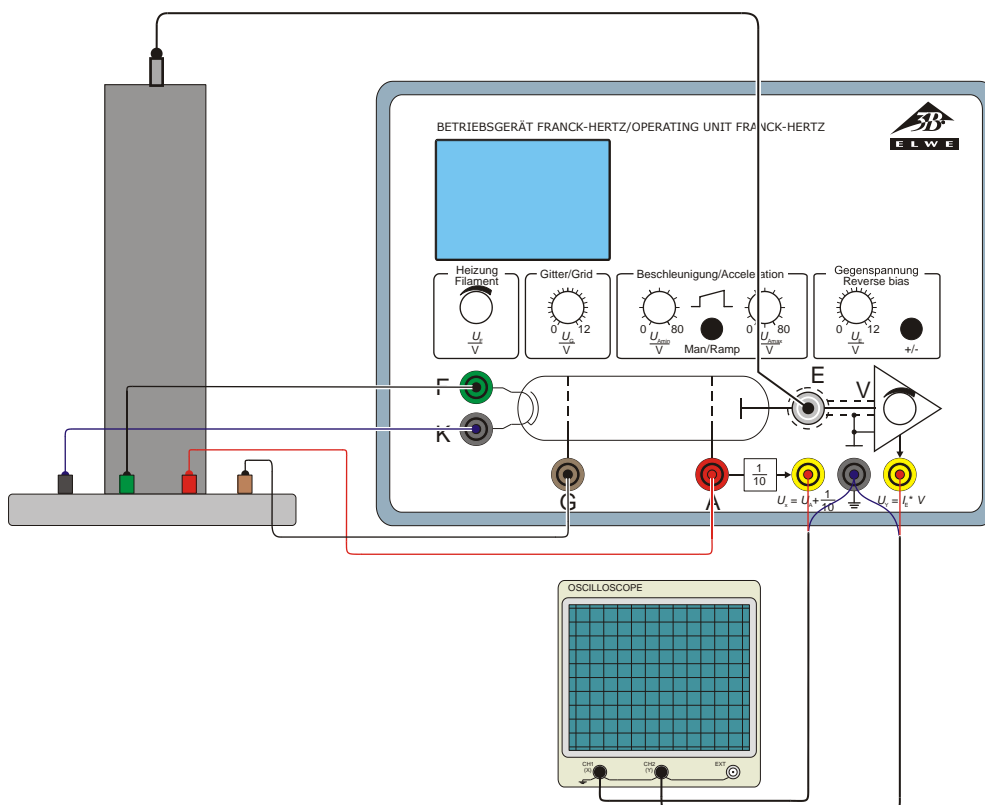


Fig. 2 Montaje de experimentación, tubo de Franck-Hertz con Ne

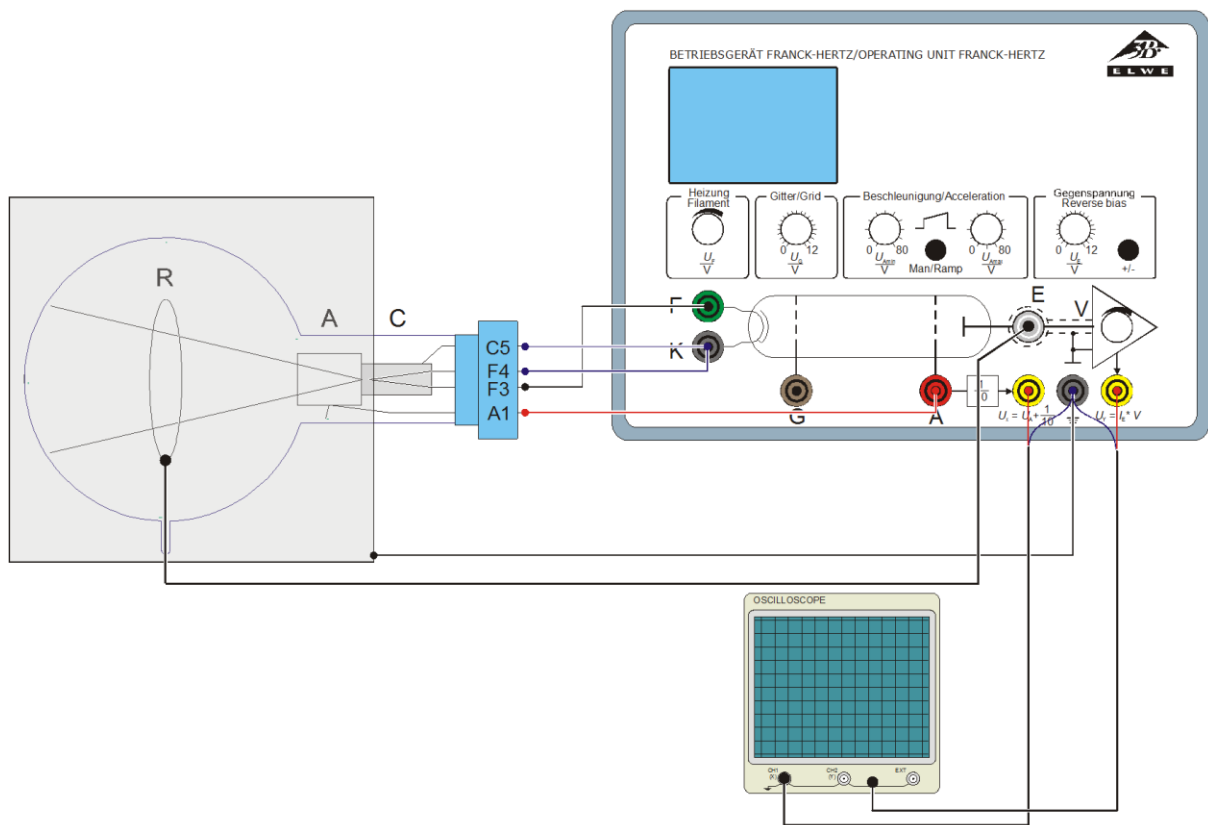


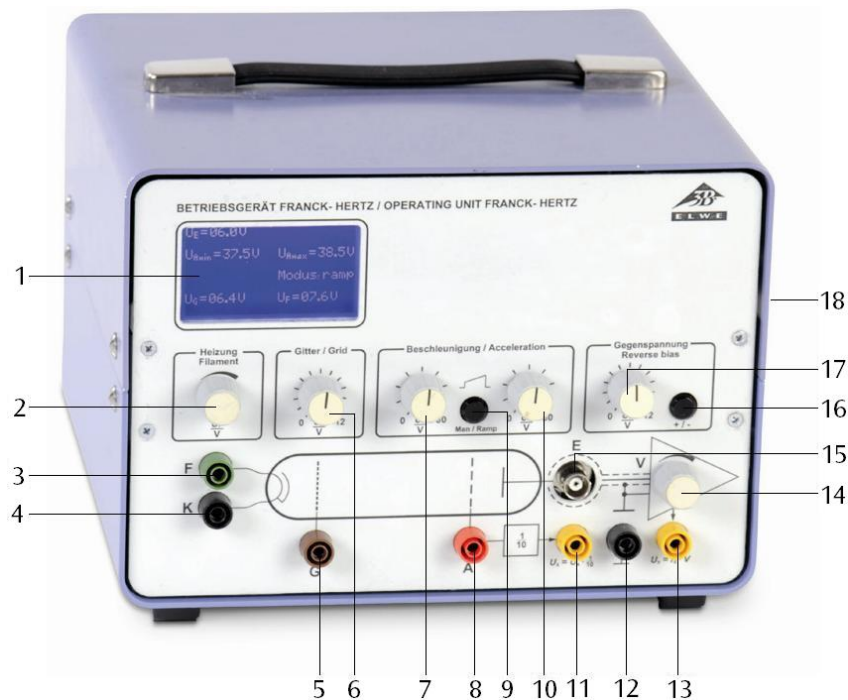
Fig. 3 Montaje de experimentación, tubo del potencial crítico

## Appareil pour l'expérience de Franck et Hertz (230 V, 50/60 Hz) Appareil pour l'expérience de Franck et Hertz (115 V, 50/60 Hz)

1012819 (230 V, 50/60 Hz)  
1012818 (115 V, 50/60 Hz)

### Instructions d'utilisation

01/14 ALF



- 1 Écran
- 2 Bouton tournant tension de chauffage
- 3 Sortie tension de chauffage
- 4 Sortie cathode
- 5 Sortie grille de commande
- 6 Bouton tournant tension de commande
- 7 Bouton tournant "tension d'accélération minimale"
- 8 Sortie tension d'accélération
- 9 Bouton sélecteur "Man" / "Rampe"
- 10 Bouton tournant "tension d'accélération minimale"
- 11 Sortie "tension d'accélération / 10"
- 12 Douille de masse
- 13 Sortie signal F/H
- 14 Bouton tournant am-plitude du signal F/H
- 15 Entrée signal F/H
- 16 Bouton sélecteur de "Polarité de contre-tension"
- 17 Bouton tournant contre-tension
- 18 Interrupteur secteur (dos du boîtier)

## 1. Consignes de sécurité

L'appareil correspond aux dispositions de sécurité pour les appareils électriques de mesure, de commande, de réglage et de laboratoire d'après la norme DIN EN 61010, 1ère partie, et à la classe de protection 1. Il est prévu pour être exploité dans des pièces sèches convenant à des équipements ou dispositifs électriques.

En cas d'utilisation conforme, l'exploitation sûre de l'appareil est garantie. En revanche, la sécurité n'est pas garantie si l'appareil n'est pas commandé dans les règles ou manipulé sans attention. S'il s'avère qu'une exploitation peu sûre n'est plus possible, mettez l'appareil immédiatement hors service (par ex. en présence de dommages apparents) et protégez-le contre toute remise en service.

## 2. Description

L'appareil de Franck-Hertz peut être utilisé pour réaliser des tests de Franck-Hertz avec de la vapeur de mercure, du néon, mais aussi dans le cadre de l'utilisation de tubes au potentiel critique S. L'appareil fournit toutes les tensions d'alimentation nécessaires à l'exploitation des tubes et possède un amplificateur de courant continu très sensible intégré permettant de mesurer le courant de captage.

### 1. Tension d'accélération $U_A$ :

Au choix, tension continue stabilisée 0 - 80 V (Mode "Man") ou tension en dents de scie 50 Hz (Mode "Rampe"). À la sortie de l'oscilloscope  $U_X$  cette tension est divisée par dix.

### 2. Tension de chauffage $U_F$ :

tension continue 0 - 12 V pour le filament du tube.

### 3. Contre-tension $U_E$ :

tension continue 0 - 12 V, comme contre-tension entre la grille et la cathode de captage.

### 4. Tension de commande $U_G$ :

tension continue 0 - 12 V, comme tension entre la grille de commande et la cathode dans les tubes de Franck et Hertz au néon.

### 5. Amplificateur de courant continu :

il fournit une tension proportionnelle au courant de captage pouvant atteindre une charge de 10 mA. En cas d'amplification minimale, une tension de mesure de 1 V correspond à un courant d'électrons d'environ 38 nA et, en cas d'amplification maximale, d'environ 10 nA.

Les tensions peuvent être lues simultanément sur un écran.

Dans les écoles et les établissements de formation, l'utilisation de l'appareil doit être surveillée par un personnel formé.

- Avant la première mise en service, vérifiez que l'appareil est prévu pour la tension secteur locale.
- Avant de commencer l'expérience, vérifiez si l'appareil présente quelque endommagement.
- En cas de vices apparents ou de dysfonctionnements, mettez immédiatement l'appareil hors service.
- Ne branchez l'appareil qu'à des prises de courant avec mise à la terre du neutre.
- Seul un électricien est autorisé à ouvrir l'appareil.

Des sorties de mesure analogiques supplémentaires sont disponibles pour le courant anodique et la tension d'accélération.

L'appareil 1012818 est prévue pour une tension secteur de 115 V ( $\pm 10\%$ ) et 1012819 pour une tension secteur de 230 V ( $\pm 10\%$ ).

## 3. Caractéristiques techniques

Tension d'alimentation : voir au dos du boîtier

Tension de chauffage  $U_F$  : 0 - 12 V, réglable en continu

Courant de chauffage : 0 v 2,5 A

Tension de commande  $U_G$  : 0 - 12 V, réglable en continu

Tension d'accélération  $U_A$  : 0 - 80 V, réglable en continu ou dents de scie

Contre-tension  $U_E$  : 0 -  $\pm 12$  V, réglable en continu, signe commutable

Sortie de mesure  $U_Y$   
pour courant collecteur  $I_E$ :  $I_E = U_A * 7 \text{ nA/V}$  (0-12 V)

Sortie de mesure  $U_X$  pour  
tension d'accélération  $U_A$ :  $U_X = U_A / 10$

Sorties : bornes de sécurité de 4 mm

Entrée : borne BNC

Dimensions : env. 160x132x210 mm<sup>3</sup>

Masse : env. 3,4 kg

## 4. Exemples d'application

### 4.1 Tube de Franck et Hertz au Hg

Autres équipements requis :

1 tube de F/H au Hg et four de chauffage (230 V, 50/60 Hz)	1006795
ou	
1 tube de F/H au Hg et four de chauffage (115 V, 50/60 Hz)	1006794
1 oscilloscope analogique, 2x 30 MHz	1002727
1 cordon HF, 1 m	1002746
2 cordons HF, BNC / douille 4 mm	1002748

Cordons d'expérimentation de sécurité

- Posez la plaque frontale au niveau de la partie ouverte du four de chauffage et fixez-la avec 6 vis moletées.
- Dans un premier temps, laissez le four de chauffage et l'appareil de service éteints et tournez tous les boutons de réglage de l'appareil de service en butée gauche.
- N'appliquez pas la tension au tube froid (risque de court-circuit par le mercure).
- Reliez entre elles les entrées et sorties "A", "F" et "K" (voir fig. 1).
- À l'aide du câble BNC, reliez la sortie "E" du tube de Franck et Hertz à l'entrée correspondante de l'appareil de service.
- Reliez la sortie "UY" de l'appareil de service à l'entrée Y et la sortie "UX" à l'entrée X de l'oscilloscope.
- Allumez le four, réglez une température d'environ 210° C et attendez que le tube chauffe (5 à 10 minutes).
- Mettez l'appareil en marche, l'appareil est en mode "rampe".
- Réglez une tension de chauffage de 6 à 7 V. Une fois la tension de chauffage appliquée, la cathode à chauffage indirect est chauffée en 1,5 minute environ.
- Réglez la tension minimale d'accélération sur 0 et augmentez lentement la vitesse maximale d'accélération jusqu'à 80 V.
- Lorsque vous augmentez la tension d'accélération, veillez à ce qu'il n'apparaisse pas de décharge autonome dans le tube, car une ionisation d'impact risque de perturber la courbe.
- Dans un premier temps, exploitez l'oscilloscope avec les réglages  $x = 1 \text{ V/Div}$  et  $y = 1 \text{ V/Div}$ .
- Observez la formation des maxima de la courbe de Franck et Hertz à l'écran de l'oscilloscope.

- Régler les paramètres de tension d'accélération, de chauffage de cathode, de contre-tension et d'amplitude de manière à former une courbe aux maxima et minima prononcés.
- La méthode décrite est une procédure de réglage générale. Comme les tubes de Franck et Hertz sont confectionnés à la main, les paramètres optimaux varient fortement d'un tube à l'autre. Le rapport de mesures joint aux tubes fournit une référence pour de bonnes valeurs.
- En fonction de la tension d'accélération, le courant de captage présente à intervalles réguliers des maxima et des minima équidistants. L'écart entre les maxima est de 4,9 V. Un potentiel de contact de 2 V se présente dans le tube entre la cathode et l'anode. C'est ce qui explique pourquoi le premier maximum s'élève à environ 7 V. Les premiers maxima se manifestent mieux lorsque la température du four est inférieure.

### 4.2 Tube de Franck et Hertz au Ne

Autres équipements requis :

1 tube de F/H au Ne sur platine de raccordement	1000912 / U8482230
1 oscilloscope analogique, 2x 30 MHz	1002727
1 cordon HF, 1 m	1002746
2 cordons HF, BNC / douille 4 mm	1002748

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  $x = 1 \text{ V/Div}$  et  $y = 2 \text{ V/Div}$ .
- 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.
- Réglez la tension minimale d'accélération sur zéro, sélectionnez une tension maximale 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

#### 4.3 Tube à potentiel critique

Autres équipements requis :

1 tube à potentiel critique S, Hélium	1000620
ou	
1 tube à potentiel critique S, Néon	1000621
1 support pour tube S	1014525
1 oscilloscope analogique, 2x 30 MHz	1002727
1 cordon HF, 1 m	1002746
2 cordons HF, BNC / douille 4 mm	1002748
Cordons d'expérimentation de sécurité	

#### Observation des potentiels critiques

- Engagez le tube au potentiel critique dans le support pour tube. Faites bien attention à ce que les broches de contact du tube s'engagent entièrement dans les ouvertures de contact du support prévues à cet effet. Le goujon médian de guidage du tube doit légèrement saillir à l'arrière du support.
- Dans un premier temps, laissez l'appareil éteint, avec tous les boutons de réglage en butée gauche.
- Reliez le raccordement F3 du support de tube à la sortie F de l'appareil d'exploitation, le raccordement C5 à la sortie K (les raccordements C5 et F4 sont connectés ensemble à l'intérieur du tube) et A1 à la sortie A (voir fig. 3).
- Coiffez le tube de sa protection, poussez cette dernière avec son bord replié dans le logement du support pour tube, puis raccordez le tout à la prise de terre commune sur l'appareil d'exploitation.

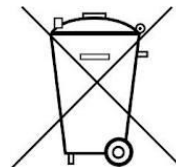
- Raccordez le cordon de raccordement du collecteur à l'entrée signal F/H.
- Reliez la sortie "UY" de l'appareil de service à l'entrée Y et la sortie "UX" à l'entrée X de l'oscilloscope.
- Exploitez l'oscilloscope avec les réglages  $x = 1 \text{ V/Div}$  et  $y = 1 \text{ V/Div}$ .
- Réglez la tension minimale d'accélération sur env. 15 V et la tension maximale d'accélération sur env. 28 V.
- Réglez une tension de chauffage de 2,7 V.
- Augmentez légèrement la tension de chauffage et optimisez les tensions d'accélération UA minimale et maximale.
- Dans le spectre, identifiez le pic 23S à 19,8 eV, puis déterminez sa position  $t_1$  sur l'axe temporel.
- Identifiez la limite d'ionisation à 24,6 eV.

#### Observation de l'ionisation

- Pour observer l'ionisation, inversez le signe de la contre-tension.

### 5. Rangement, nettoyage, disposition

- Ranger l'appareil à un endroit propre, sec et exempt de poussière.
- Débrancher l'appareil avant le nettoyage.
- Pour le nettoyage, ne pas utiliser de nettoyants ni de solvants agressifs.
- Utiliser un chiffon doux et humide.
- 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.



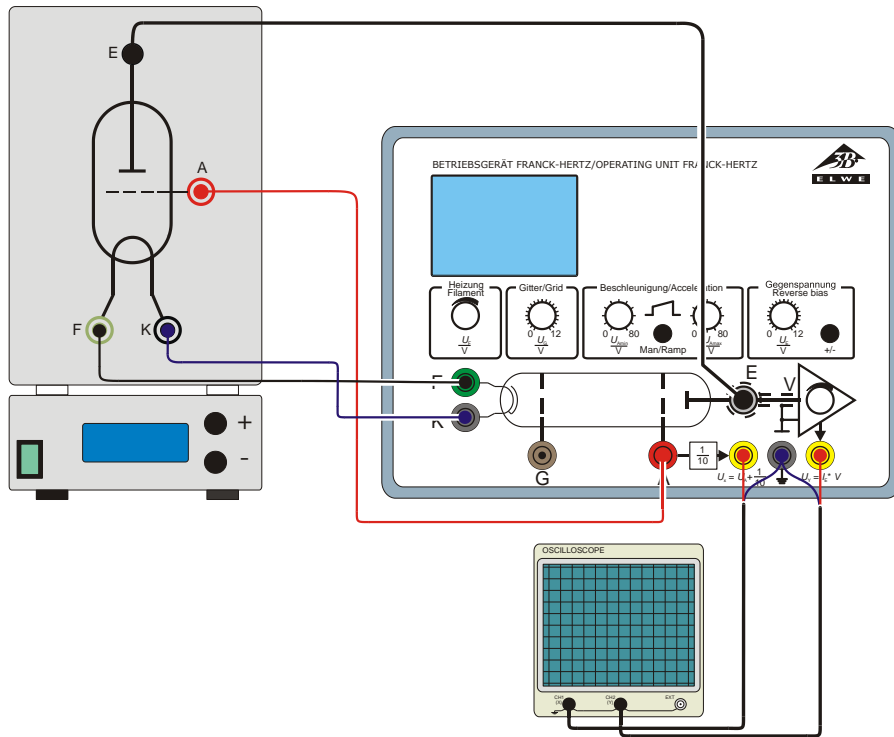


Fig. 1 Montage expérimental du tube de Franck et Hertz au Hg

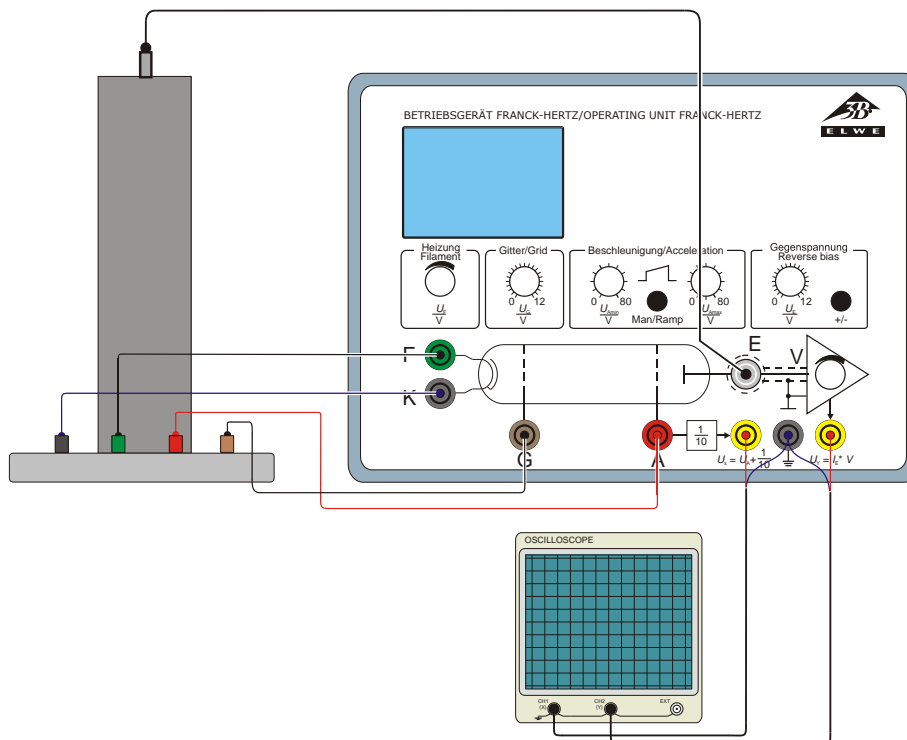


Fig. 2 Montage expérimental du tube de Franck et Hertz au Ne

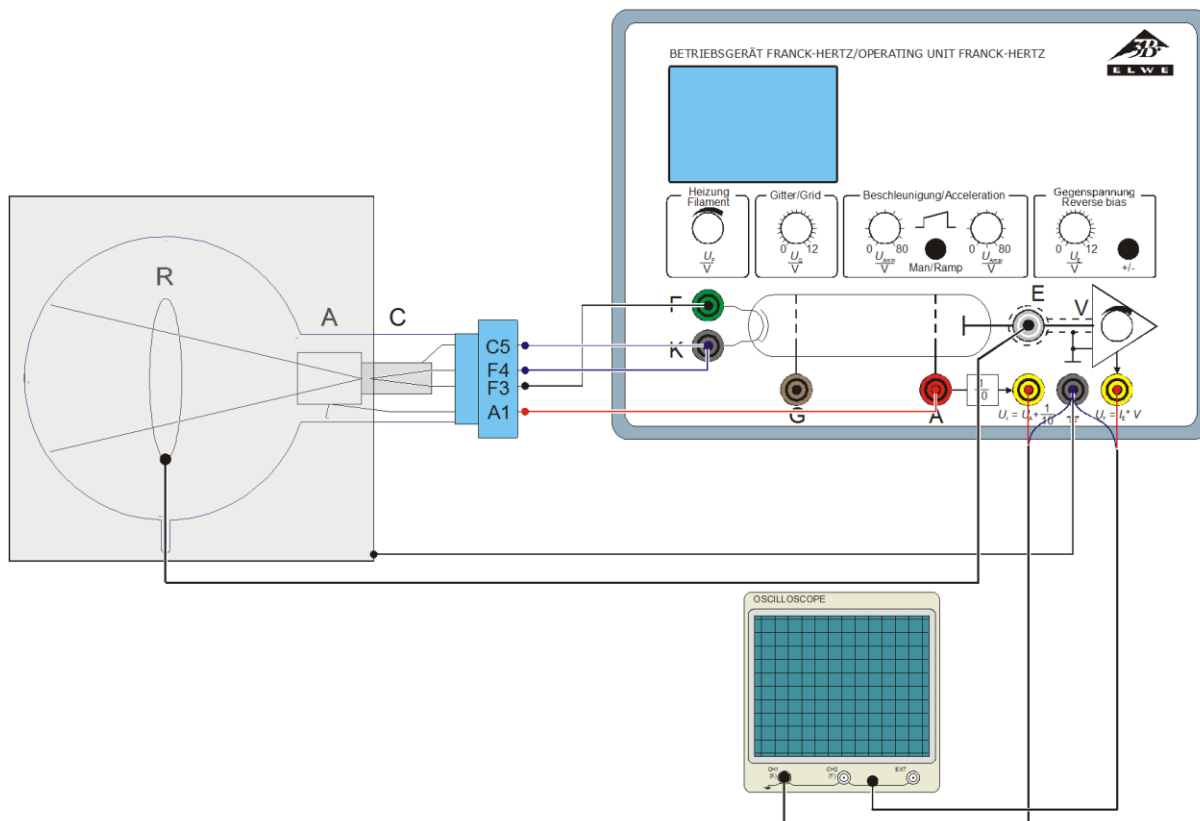


Fig. 3 Montage expérimental du tube à potentiel critique



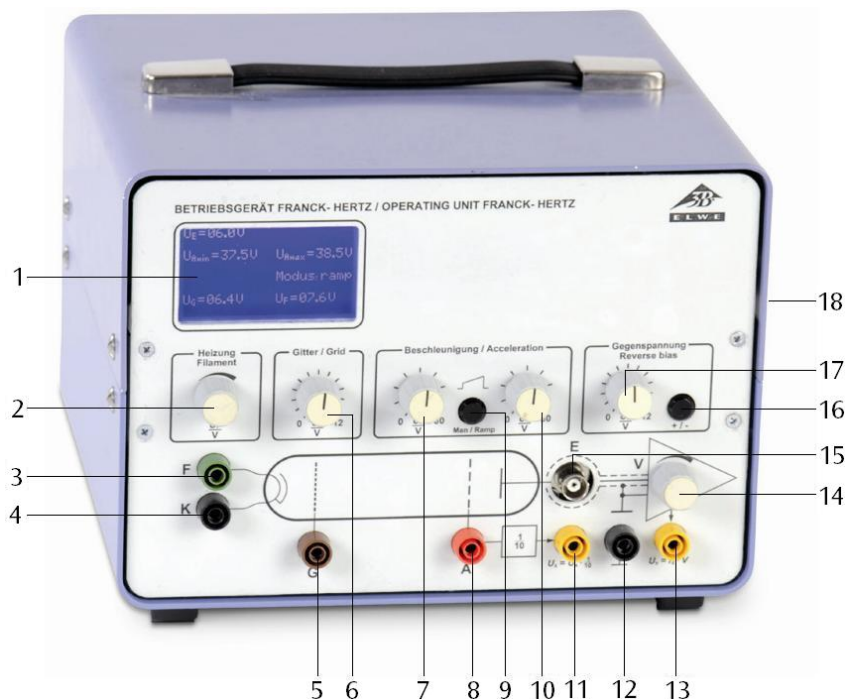
## Apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz (230 V, 50/60 Hz) Apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz (115 V, 50/60 Hz)

1012819 (230 V, 50/60 Hz)

1012818 (115 V, 50/60 Hz)

### Istruzioni per l'uso

01/14 ALF



- 1 Display
- 2 Selettore rotativo tensione di riscaldamento
- 3 Uscita tensione di riscaldamento
- 4 Uscita catodo
- 5 Uscita reticolo di controllo
- 6 Selettore rotativo tensione di controllo
- 7 Selettore rotativo "tensione di accelerazione minima"
- 8 Uscita tensione di accelerazione
- 9 Selettore "Man" / "Ramp"
- 10 Selettore rotativo "tensione di accelerazione massima"
- 11 Uscita "tensione di accelerazione / 10"
- 12 Presa di massa
- 13 Uscita segnale F/H
- 14 Selettore rotativo ampiezza del segnale F/H
- 15 Ingresso segnale F/H
- 16 Selettore "Polarità della forza controelettromotrice"
- 17 Selettore rotativo forza controelettromotrice
- 18 Interruttore di rete (retro dell'alloggiamento)

## 1. Norme di sicurezza

L'apparecchio risponde alle disposizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, di comando, di regolazione e da laboratorio della norma DIN EN 61010 parte 1 ed è realizzato in base alla classe di protezione I. L'apparecchio è pensato per l'utilizzo in ambienti asciutti, adatti per strumenti o dispositivi elettrici.

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro dell'apparecchio. La sicurezza non è tuttavia garantita se l'apparecchio non viene utilizzato in modo appropriato o non viene trattato con cura. Se si ritiene che non sia più possibile un funzionamento privo di pericoli, l'apparecchio deve essere messo immediatamente fuori servizio (ad es. in caso di danni visibili) e al sicuro da ogni funzionamento involontario.

Nelle scuole e negli istituti di formazione l'utilizzo dell'apparecchio deve essere controllato responsabilmente da personale addestrato.

- Prima della prima messa in funzione controllare se l'apparecchio è predisposto per la tensione di rete locale.
- Prima di iniziare l'esperimento controllare l'apparecchio per verificare l'eventuale presenza di danni.
- In caso di danni visibili o di disturbi nel funzionamento mettere l'apparecchio fuori servizio.
- Collegare l'apparecchio solo a prese con conduttore di protezione collegato a terra.
- Fare aprire l'apparecchio solo da un elettricista specializzato.

## 2. Descrizione

L'apparecchio Franck-Hertz può essere impiegato sia per effettuare l'esperimento di Franck-Hertz con vapori di mercurio o gas neon sia per il funzionamento del tubo per potenziale critico S. L'apparecchio fornisce tutte le tensioni di alimentazione necessarie per il funzionamento dei tubi ed è dotato di un amplificatore di corrente continua a elevata sensibilità e incorporato per la misurazione della corrente bersaglio.

### 1. Tensione di accelerazione $U_A$ :

tensione continua stabilizzata a scelta 0 – 80 V (modalità "Man") oppure tensione a dente di sega 50 Hz (modalità "Ramp"); all'uscita dell'oscilloscopio  $U_X$  questa tensione viene divisa per 10.

### 2. Tensione di riscaldamento $U_F$ :

tensione continua 0 – 12 V per il filamento caldo del tubo.

### 3. Forza contro elettromotrice $U_E$ :

tensione continua 0 – 12 V, quale forza contro elettromotrice tra reticolo ed elettrodo collettore.

### 4. Tensione di controllo $U_G$ :

tensione continua 0 – 12 V, quale tensione fra reticolo di controllo e catodo nel tubo di Franck-Hertz riempito con neon.

### 5. Amplificatore di corrente continua:

l'amplificatore di corrente continua fornisce una tensione fino a 10 mA, proporzionale alla corrente del collettore; con l'amplificazione minore possibile una tensione misurata di 1 V corrisponde a una corrente elettronica di ca. 38 nA e con

l'amplificazione maggiore possibile a una corrente elettronica di ca. 12 nA.

È possibile leggere le tensioni contemporaneamente su un display.

Per la corrente anodica e la tensione di accelerazione sono disponibili uscite di misurazione analogiche supplementari.

L'apparecchio 1012818 è progettato per una tensione di rete di 115 V ( $\pm 10\%$ ), 1012819 per 230 V ( $\pm 10\%$ ).

## 3. Dati tecnici

Tensione di alimentazione:	vedere sul retro dell'alloggiamento
Tensione di riscaldamento $U_F$ :	0 – 12 V, regolabile di continuo
Corrente di riscaldamento:	0 – 2,5 A
Tensione di controllo $U_G$ :	0 – 12 V, regolabile di continuo
Tensione di accelerazione $U_A$ :	0 – 80 V, regolabile di continuo o a dente di sega
Forza contro elettromotrice $U_E$ :	0 – $\pm 12$ V, regolabile di continuo, polarità commutabile
Uscita di misura $U_Y$ per corrente del collettore $I_E$ :	$I_E = U_A \cdot 38 \text{ nA/V}$ (0–12V)
Uscita di misura $U_X$ per tensione di accelerazione $U_A$ :	$U_X = U_A / 10$
Uscite:	jack di sicurezza da 4 mm
Ingresso:	presa BNC
Dimensioni:	ca. 160x132x210 mm <sup>3</sup>
Peso:	ca. 3,4 kg

## 4. Esempi di applicazioni

### 4.1 Tubo di Franck-Hertz riempito con mercurio

Dotazione supplementare necessaria:

1 tubo di F/H riempito con Hg e dotato di forno (230 V, 50/60 Hz)	1006795
o	
1 tubo di F/H riempito con Hg e dotato di forno (115 V, 50/60 Hz)	1006794
1 oscilloscopio analogico, 2x 30 MHz	1002727
1 cavo ad alta frequenza, 1 m	1002746
2 cavi ad alta frequenza, connettore BNC/4 mm	1002748

Cavi di sicurezza per esperimenti

- Sistemare la piastra anteriore presso il lato aperto del forno e fissare con 6 viti a testa zigrinata.
- Lasciare inizialmente il forno e l'apparecchio disinseriti e ruotare tutte le manopole di regolazione verso sinistra fino alla battuta.
- Non applicare tensione al tubo freddo (pericolo di cortocircuito a causa del mercurio presente al loro interno).
- Collegare tra loro gli ingressi e/o le uscite "A", "F" e "K" (vedere fig. 1).
- Collegare l'uscita "E" del tubo Franck-Hertz con l'ingresso corrispondente dell'apparecchio mediante il cavo BNC.
- Collegare l'uscita " $U_Y$ " dell'apparecchio all'ingresso Y e l'uscita " $U_X$ " all'ingresso X dell'oscilloscopio.
- Attivare il forno, impostare una temperatura di circa 210 °C e attendere fino a quando il tubo non si sarà riscaldato (circa 5 - 10 minuti).
- Accendere l'apparecchio, l'apparecchio si trova in modalità rampa.
- Impostare una tensione di accensione di 6 V - 7 V. Dopo l'applicazione della tensione di accensione, il catodo indirettamente riscaldato richiederà un periodo di riscaldamento di circa 1:30 min.
- Azzerare la tensione di accelerazione minima e aumentare lentamente quella massima fino a 80 V.
- La tensione di accelerazione deve però essere aumentata solo fino ad un livello che permetta di evitare il verificarsi di scariche indipendenti nel tubo, poiché la ionizzazione d'urto disturberebbe la curva.
- Azionare l'oscilloscopio innanzitutto con le impostazioni  $x = 1 \text{ V/Div}$  e  $y = 1 \text{ V/Div}$ .

- Osservare la formazione dei valori massimi della curva di Franck-Hertz sullo schermo dell'oscilloscopio.
- Impostare i parametri di tensione di accelerazione, riscaldamento catodo, forza controelettromotrice e ampiezza, in modo che si formi una curva con valori massimi e minimi marcati.

La procedura descritta è una procedura di impostazione generale. Poiché il tubo di Franck-Hertz viene realizzato manualmente, i parametri ottimali di ciascun tubo possono variare notevolmente. L'indicazione dei valori corretti è riportata nel protocollo di misurazione fornito in dotazione con i tubi.

A seconda della tensione di accelerazione, la corrente del raccoglitore presenta valori massimi e minimi equidistanti e periodicamente ricorrenti. La distanza tra i valori massimi è di 4,9 V. Tra i catodi e gli anodi dei tubi è presente un potenziale di contatto di 2 V, il quale fa sì che il primo valore massimo sia di circa 7 V. I primi massimi risultano marcati meglio se la temperatura del forno è più bassa.

### 4.2 Tubo di Franck-Hertz riempito con neon

Dotazione supplementare necessaria:

1 tubo di F/H con neon su zoccolo di collegamento	1000912
1 oscilloscopio analogico, 2x 30 MHz	1002727
1 cavo ad alta frequenza, 1 m	1002746
2 cavi ad alta frequenza, connettore BNC/4 mm	1002748

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  $x = 1 \text{ V/Div}$  e  $y = 2 \text{ V/Div}$ .
- 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.
- Azzerare la tensione di accelerazione minima, selezionare una tensione di accelerazione massima di 80 V e una tensione per il reticolo di controllo di 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 controelettromotrice 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.

### 4.3 Tubo per potenziale critico

Dotazione supplementare necessaria:

1 Tubo per potenziale critico S con pieno di He	1000620
o	
1 Tubo per potenziale critico S con pieno di Ne	1000621
1 Portatubo S	1014525
1 oscilloscopio analogico, 2x 30 MHz	1002727
1 cavo ad alta frequenza, 1 m	1002746
2 cavi ad alta frequenza, connettore BNC/4 mm	1002748

Cavi di sicurezza per esperimenti

### Osservazione del potenziale critico

- Inserire il tubo per potenziale critico nel portatubi, accertandosi che gli spinotti di contatto del tubo s'innestino completamente nelle apposite aperture di contatto del portatubi. Lo spinotto di guida centrale del tubo deve sporgere leggermente sulla parte posteriore del portatubi.
- Lasciare dapprima l'apparecchio disinserito con tutte le manopole di regolazione sulla battuta sinistra.
- Collegare il jack F3 del portatubo con l'uscita F sull'apparecchio, C5 con l'uscita K (le connessioni C5 e F4 sono unite fra loro all'interno del tubo) e A1 con l'uscita A (vedere fig. 3).
- Collocare la schermatura sul tubo, spingerla con il bordo scanalato nell'alloggiamento del

portatubo e collegarla alla presa di terra presso l'apparecchio.

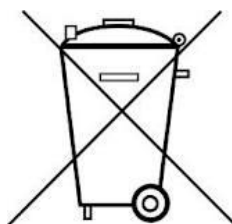
- Collegare il cavo di collegamento dell'anello collettore all'ingresso segnale F/H.
- Collegare l'uscita "U<sub>K</sub>" dell'apparecchio all'ingresso Y e l'uscita "U<sub>X</sub>" all'ingresso X dell'oscilloscopio.
- Azionare l'oscilloscopio con le impostazioni  $x = 1 \text{ V/Div}$  e  $y = 1 \text{ V/Div}$ .
- Regolare la tensione di accelerazione minima a circa 15 V e quella massima a circa 28 V.
- Impostare una tensione di riscaldamento di 2,7 V.
- Aumentare leggermente la tensione di riscaldamento e ottimizzare la tensione di accelerazione minima e massima  $U_A$ .
- Individuare il picco  $2^3\text{S}$  a 19,8 eV nello spettro e determinare la sua posizione  $t_1$  sull'asse del tempo.
- Identificare il limite di ionizzazione a 24,6 eV.

### Osservazione della ionizzazione

- Per osservare la ionizzazione, cambiare il segno della forza controelettromotrice.

## 5. Conservazione, pulizia, smaltimento

- Conservare l'apparecchio in un luogo pulito, asciutto e privo di polvere.
- Prima della pulizia, scollegare l'apparecchio dall'alimentazione.
- Non impiegare detersivi o soluzioni aggressive per la pulizia.
- Per la pulizia utilizzare un panno morbido e umido.
- 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.



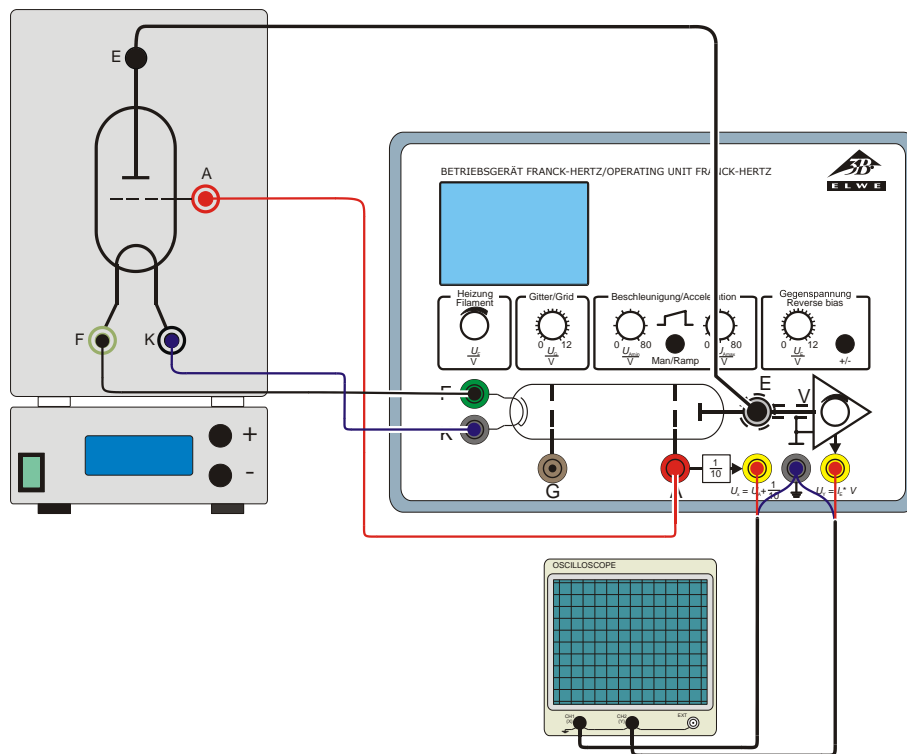


Fig. 1 Struttura sperimentale tubo Franck-Hertz riempito con mercurio

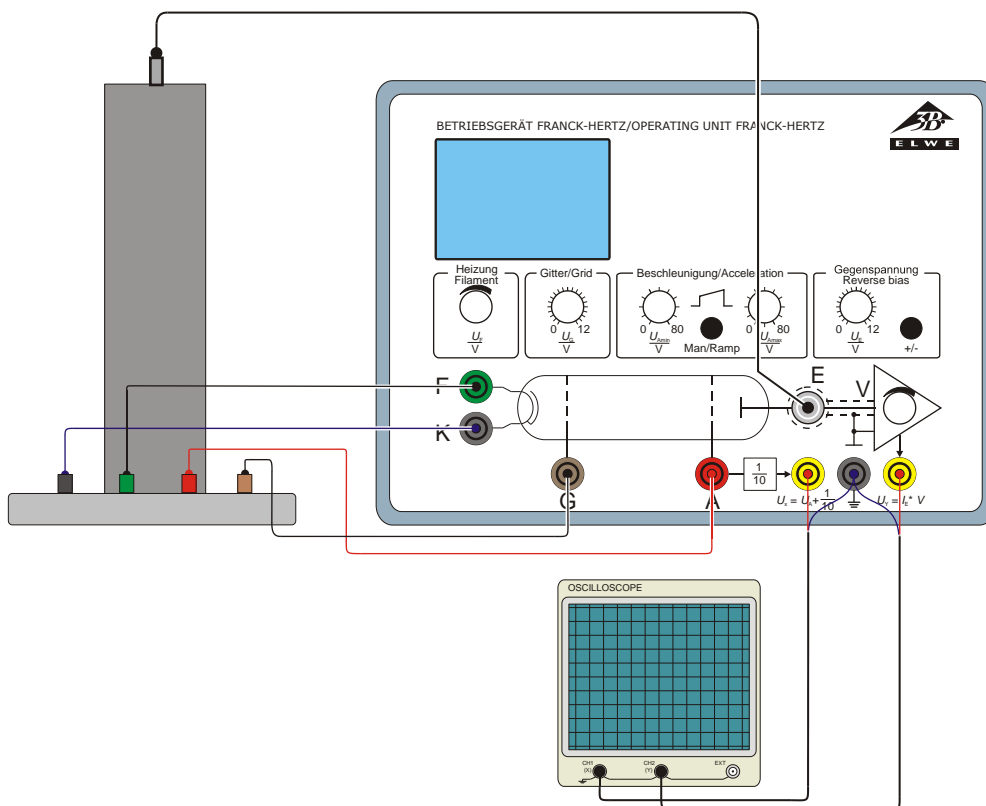


Fig. 2 Struttura sperimentale tubo Franck-Hertz riempito con neon

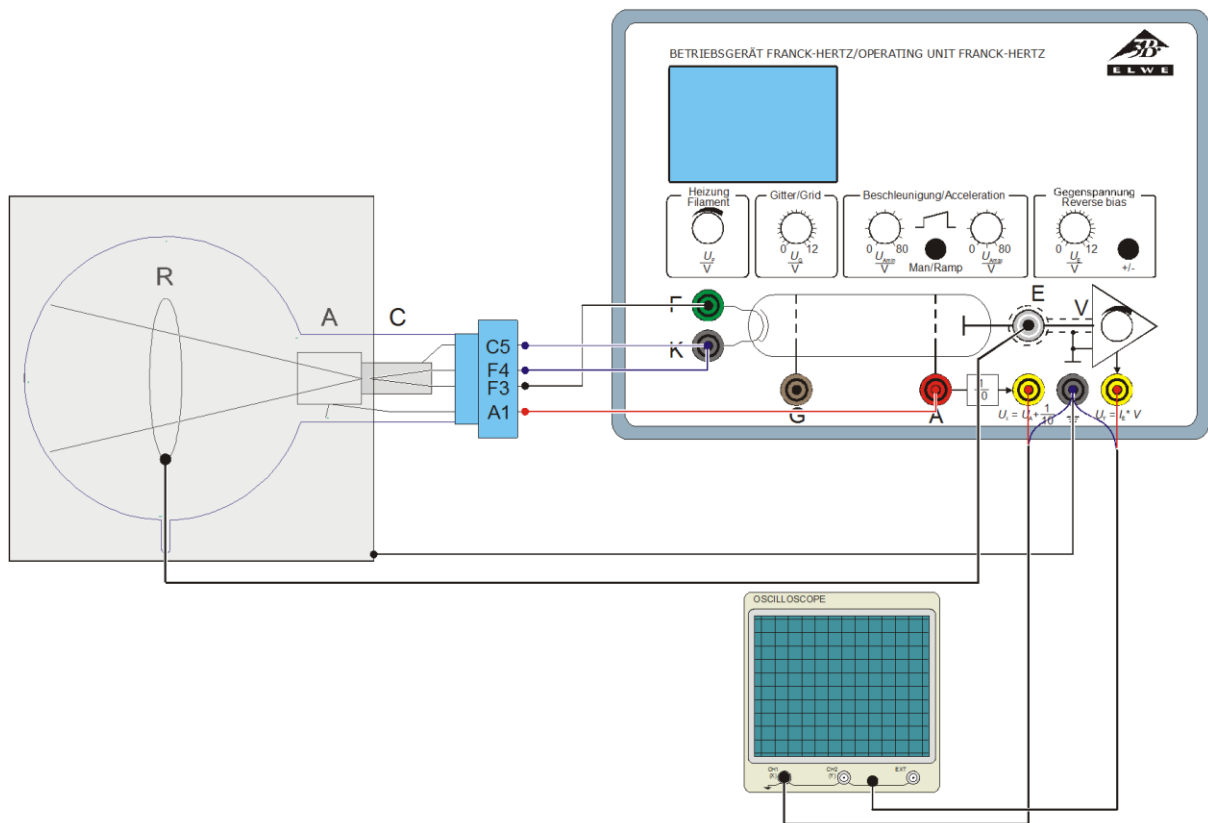


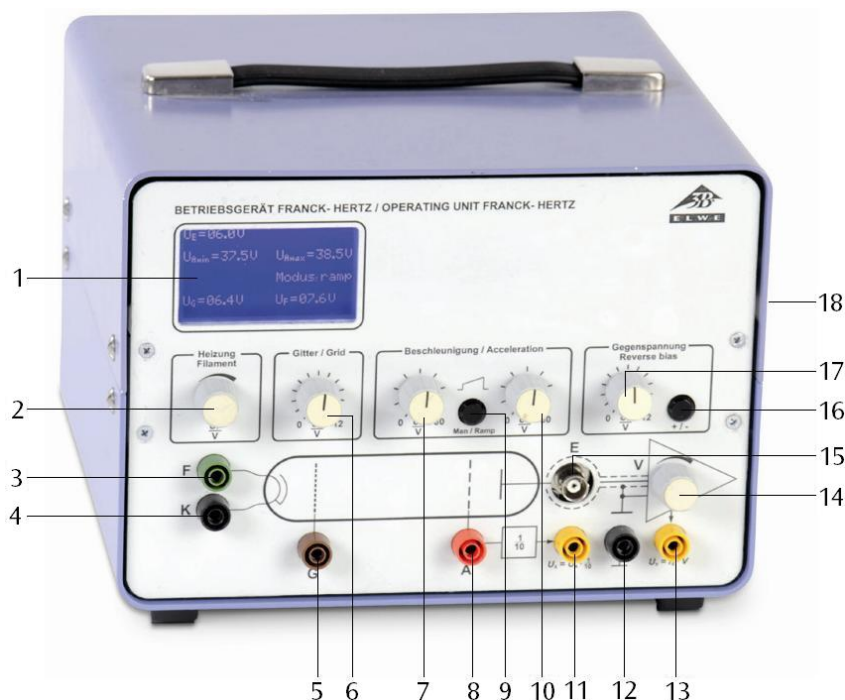
Fig. 3 Struttura sperimentale tubo per potenziale critico

## Aparelho para a experiência de Franck-Hertz (230 V, 50/60 Hz) Aparelho para a experiência de Franck-Hertz (115 V, 50/60 Hz)

1012819 (230 V, 50/60 Hz)  
1012818 (115 V, 50/60 Hz)

### Instruções de operação

01/14 ALF



- 1 Display
- 2 Botão rotativo tensão de aquecimento
- 3 Saída tensão de aquecimento
- 4 Saída cátodo
- 5 Saída grade de controle
- 6 Botão rotativo tensão de controle
- 7 Botão rotativo da "tensão de aceleração mínima"
- 8 Saída tensão de aceleração
- 9 Botão de seleção "Man" / "Ramp"
- 10 Botão rotativo da "tensão de aceleração máxima"
- 11 Saída "tensão de aceleração/10"
- 12 Conector massa
- 13 Saída sinal F/H
- 14 Botão rotativo da amplitude do sinal F/H
- 15 Entrada sinal F/H
- 16 Botão de seleção "Polaridade da contra-tensão"
- 17 Botão rotativo da contra-tensão
- 18 Botão liga/desliga (posterior do aparelho)

## 1. Indicações de segurança

O aparelho cumpre as normas de segurança para aparelhos elétricos de medição, controle, regulação e de laboratório da DIN EN 61010 parte 1 e é construído conforme a classe de segurança I. Ele está previsto para a operação em espaços secos, que estejam preparados para aparelhagem ou instalação elétrica.

Se a operação do aparelho ocorre conforme às instruções de uso, a segurança está então garantida. A segurança, porém, não estará garantida se o aparelho for utilizado de forma errônea ou se for manipulado sem a devida atenção. Se houver razões para considerar que a operação segura não é mais possível, deve-se desligar imediatamente o aparelho (por exemplo, no caso de danos visíveis) e protegê-lo contra uma utilização indevida.

Em escolas e institutos de formação a operação do aparelho deve ser monitorada por pessoal qualificado.

- Antes de iniciar a operação, verificar se o valor para tensão impresso no lado da armação do aparelho coincide com a tensão fornecida no local.
- Verificar antes de iniciar a experiência se a armação do aparelho apresenta danos
- Em caso de defeitos visíveis ou funcionais desligar imediatamente o aparelho.
- Só conectar o aparelho em tomada com condutor de proteção aterrado.
- Só permitir a abertura do aparelho por um especialista em eletricidade.

## 2. Descrição

O aparelho de operação de Franck-Hertz é utilizável tanto para a execução da experiência de Franck-Hertz com vapor de mercúrio, com gás de néon, assim como para operar os tubos de potencial crítico S. Ele fornece todas as tensões de alimentação necessárias para a operação do tubo e tem um amplificador altamente sensível de corrente contínua integrado para a medição da corrente do captador.

### 1. Tensão de aceleração $U_A$ :

Forma de seleção 0 – 80 V tensão contínua estabilizada (Modo "Man") ou tensão dente-de-serra de 50 Hz (Modo "Ramp"). Na saída do osciloscópio  $U_X$  esta tensão é dividida por 10.

### 2. Tensão de aquecimento $U_F$ :

Tensão contínua 0 – 12 V para o filamento de aquecimento do tubo.

### 3. Contra-tensão $U_E$ :

Tensão contínua 0 – 12 V, como contra-tensão entre a grade e o eletrodo de captura.

### 4. Tensão de controle $U_G$ :

Tensão contínua de 0 – 12 V, como tensão entre a grade de controle e cátodo no tubo de Franck-Hertz com néon.

### 5. Amplificador de corrente contínua:

O amplificador de corrente contínua fornece uma tensão proporcional à corrente de captura suportando uma carga de até 10 mA. Em amplificação mínima 1 V de tensão de medição corresponde a uma corrente de elétrons de aproximadamente 38 nA e em amplificação

mais forte uma corrente de elétrons de aproximadamente. 12 nA.

As tensões podem ser lidas simultaneamente sobre um display.

Para a corrente anódica e para a tensão de aceleração encontram-se saídas analógicas suplementares de medição à disposição.

O aparelho 1012818 está equipado para trabalhar com uma tensão de rede de 115 V ( $\pm 10\%$ ) 1012819 para 230 V ( $\pm 10\%$ ).

## 3. Dados técnicos

Tensão de conexão à rede elétrica:	ver parte posterior do aparelho
Tensão de aquecimento $U_F$ :	0 – 12 V de ajuste contínuo
Corrente de aquecimento:	0 – 2,5 A
Tensão de controle $U_G$ :	0 – 12 V de ajuste contínuo
Tensão de aceleração $U_A$ :	0 – 80 V, de ajuste contínuo ou forma de serra dentada
Tensão oposta $U_E$ :	0 – $\pm 12$ V, de ajuste contínuo, pré-signo comutável

Saída de medição  $U_Y$  para corrente do detector  $I_E$ :  $I_E = U_A * 38 \text{ nAV}$  (0–12V)

Saída de medição  $U_X$  para a tensão de aceleração  $U_A$ :  $U_X = U_A / 10$



Saídas:	conectores de segurança de 4 mm
Entrada:	conector BNC
Dimensões:	aprox. 160x132x210 mm <sup>3</sup>
Massa:	aprox. 3,4 kg

#### 4. Exemplos de aplicação

##### 4.1 Tubo de Franck-Hertz com preenchimento Hg

Adicionalmente necessário:

1 tubo de F/H com Hg e forno de aquecimento (230 V, 50/60 Hz) 1006795  
ou

1 tubo de F/H com Hg e forno de aquecimento (115 V, 50/60 Hz) 1006794

1 osciloscópio analógico, 2x 30 MHz  
1002727

1 cabo HF, 1 m  
1002746

2 cabos HF, conector BNC / 4 mm  
1002748

Cabos de segurança para experiências

- Colocar a placa frontal no lado aberto do forno de aquecimento e fixá-la com os 6 parafusos serrilhados.
- Deixar primeiro o forno e o aparelho de operação desligados e girar todos os botões de ajuste para a esquerda até o fim.
- Não aplicar tensão no tubo frio (perigo de curto-circuito por causa do mercúrio).
- Ligar as entradas e saídas "A", "F" e "K" entre elas (vide fig. 1).
- Conectar a saída "E" do tubo de Franck-Hertz por meio do cabo BNC com entrada correspondente.
- Conectar a saída " $U_Y$ " no aparelho de operação e a entrada Y e a saída " $U_X$ " na entrada X do osciloscópio.
- Ligar o forno aquecedor, ajustar uma temperatura de aproximadamente 210° C e esperar que o tubo esteja aquecido (cerca de 5 a 10 minutos).
- Ligar o aparelho de operação, o aparelho encontra-se no modo de rampa.
- Ajustar a tensão de aquecimento em 6 V – 7 V. O cátodo indiretamente aquecido requer um tempo de aquecimento de aproximadamente 1:30 min.
- Ajustar a tensão de aceleração mínima em zero, elevar lentamente a tensão de aceleração máxima para 80 V.

- Porém, só elevar a tensão de aceleração de modo que não ocorra qualquer descarga espontânea, já que a ionização repentina destruiria a curva.
- Por enquanto operar o osciloscópio com as regulagens  $x = 1 \text{ V/Div}$  e  $y = 1 \text{ V/Div}$ .
- Observar o surgimento da máxima da curva de Franck-Hertz na tela do osciloscópio.
- Ajustar os parâmetros tensão de aceleração, aquecedor do cátodo, contra-tensão e amplitude, de modo que surja uma curva com máximas e mínimas bem definidas.

O método descrito é um procedimento geral de ajustes. Sendo que o tubo de Franck-Hertz é fabricado à mão, existem diferenças muito grandes entre os parâmetros ideais dos diferentes tubos. Um ponto de referência para bons valores é oferecido pelo protocolo de medição incluído no fornecimento.

A corrente do captador apresenta máximas e mínimas eqüidistantes de recorrência periódica em função da tensão de aceleração. O intervalo entre as máximas é de 4,9 V. No tubo, há entre o cátodo e o ânodo um contra-potencial de 2 V. Esta é a razão pela qual a primeira máxima se encontra em aproximadamente 7 V. As primeiras máximas destacam-se melhor, quando a temperatura do forno for menor.

##### 4.2 Tubo de Franck-Hertz com preenchimento Ne

Adicionalmente necessário:

1 tubo de F/H com Ne sobre base de conexão  
1000912

1 osciloscópio analógico, 2x 30 MHz 1002727

1 cabo HF, 1 m 1002746

2 cabos HF, conector BNC / 4 mm 1002748

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  $x = 1 \text{ V/Div}$  e  $y = 2 \text{ V/Div}$ .
- 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.

- Ajustar a tensão de aceleração mínima em zero, selecionar a tensão de aceleração máxima de 80 V e a tensão da grade de controle 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 catodo 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.

#### 4.3 Tubo de potencial crítico

Adicionalmente necessário:

1 Tubo de potencial crítico S preenchimento com He	1000620
ou	
1 Tubo de potencial crítico S preenchimento com Ne	1000621
1 Suporte dos tubos S	1014525
1 osciloscópio analógico, 2x 30 MHz	1002727
1 cabo HF, 1 m	1002746
2 cabos HF, conector BNC / 4 mm	1002748
Cabos de segurança para experiências	

#### Observação dos potenciais críticos

- Inserir o tubo de potencial crítico no suporte de tubos. Nisso deve-se reparar em, que os pinos de contato do tubo encaixem inteiramente nas aberturas de contato previstas para isso. O pino guia do meio deve sobressair ligeiramente atrás do suporte.
- Deixar primeiro o aparelho operacional desligado com todos os botões virados totalmente para a esquerda.
- Ligar a tomada F3 do suporte de tubo com a saída F no aparelho de operação, C5 com a saída K (Os contatos C5 e F4 estão ligados entre si dentro do tubo) e A1 com a saída A (vide fig. 3).

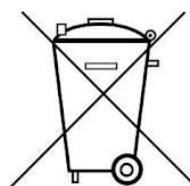
- Cobrir o tubo com o protetor, inserir a borda do escorregador no receptáculo do suporte de tubo e ligar com a tomada de massa no aparelho de operação.
- Ligar o cabo de conexão do anel coletor à entrada sinal F/H.
- Conectar a saída "U<sub>Y</sub>" no aparelho de operação e a entrada Y e a saída "U<sub>X</sub>" na entrada X do osciloscópio.
- Operar o osciloscópio com as regulagens  $x = 1 \text{ V/Div}$  e  $y = 1 \text{ V/Div}$ .
- Ajustar a tensão de aceleração mínima a aprox. 15 e a tensão de aceleração máxima para aprox. 28 V.
- Ligar uma tensão térmica de 2,7 V.
- Elevar a tensão de aquecimento um pouco e aperfeiçoar a tensão de aceleração mínima e máxima  $U_A$ .
- Identificar no espectro o pico  $2^3\text{S}$  em 19,8 eV e determinar a sua posição  $t_1$  sobre o eixo do tempo.
- Identificar o limite de ionização 24,6 eV.

#### Observação da ionização

- Para a observação da ionização inverter o pré-sinal da contra-tensão.

### 5. Armazenamento, limpeza, eliminação

- Armazenar o aparelho num lugar limpo, seco e sem poeira.
- Antes da limpeza separar o aparelho da fonte de alimentação.
- Não utilize produtos de limpeza agressivos ou solventes para limpar o aparelho.
- Para a limpeza utilizar um pano suave e úmido.
- 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.



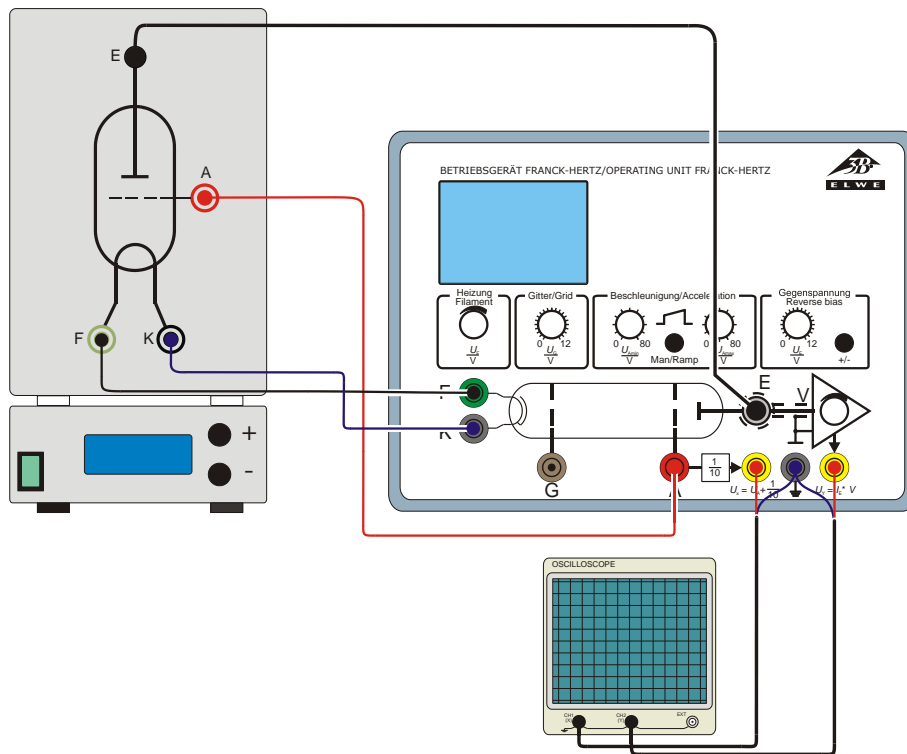


Fig. 1 Montagem experimental do tubo de Franck-Hertz com preenchimento Hg

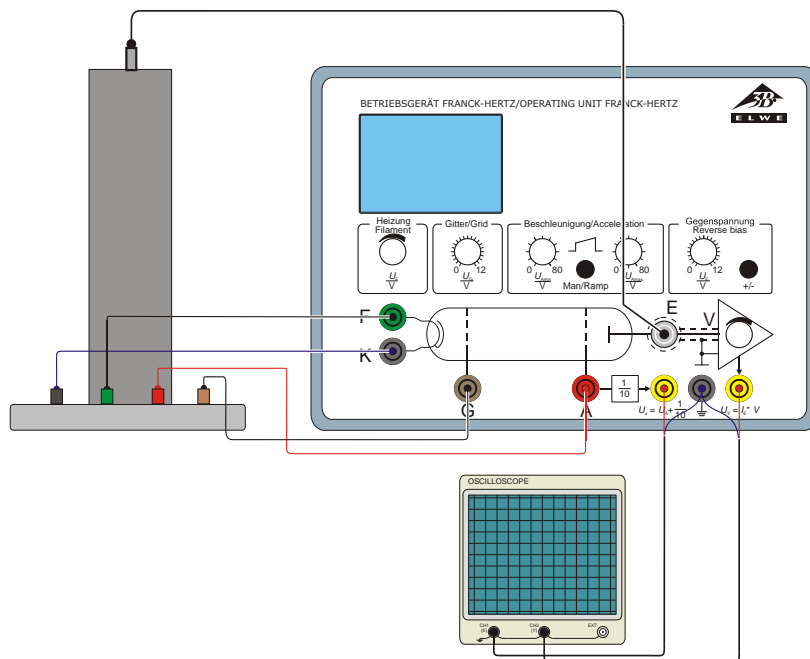


Fig. 2 Montagem experimental do tubo de Franck-Hertz com preenchimento Ne

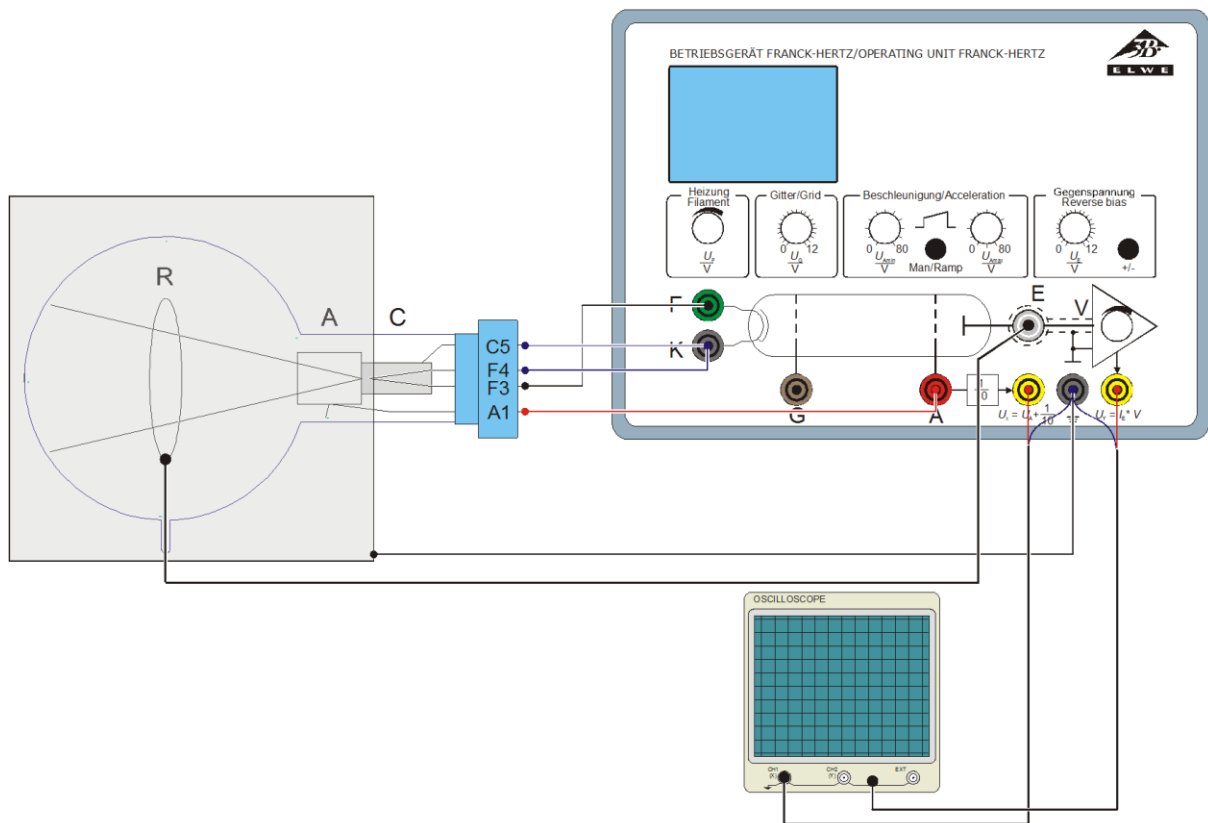


Fig. 3 Montagem experimental do tubo de potencial crítico