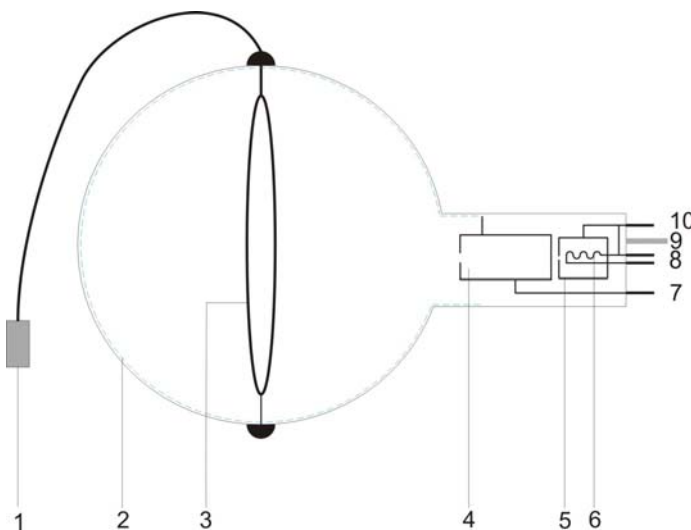


## Kritische-Potenziale-Röhre S mit He-Füllung 1000620

### Bedienungsanleitung

08/13 ALF



- 1 BNC-Buchse
- 2 Glasbeschichtung auf Anodenpotenzial
- 3 Kollektorring
- 4 Anode
- 5 Elektronenkanone
- 6 Heizwendel
- 7 Stiftkontakt Anode
- 8 Stiftkontakte Heizung
- 9 Führungsstift
- 10 Stiftkontakt Katode

### 1. Sicherheitshinweise

Glühkathodenröhren sind dünnwandige, evakuierte Glaskolben. Vorsichtig behandeln: Implosionsgefahr!

- Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Anschlusskabel des Kollektorrings keinen Zugbelastungen aussetzen.
- Die Röhre nur in den Röhrenhalter S (1014525) einsetzen.

Zu hohe Spannungen, Ströme sowie falsche Katodenheiztemperatur können zur Zerstörung der Röhre führen.

- Die angegebenen Betriebsparameter einhalten.
- Schaltungen nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten vornehmen.
- Röhren nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.

Im Betrieb wird der Röhrenhals erwärmt.

- Röhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.

Die Einhaltung der EC-Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit ist nur mit den empfohlenen Netzgeräten garantiert.

### 2. Beschreibung

Die Kritische-Potenziale-Röhre S mit He-Füllung dient zur quantitativen Untersuchung des inelastischen Stoßes von Elektronen mit Edelgasatomen, zur Bestimmung der Ionisationsenergie sowie der Anregungsenergien von Helium, zur Auflösung von Energiezuständen verschiedener Haupt- und Bahndrehimpulsquantenzahlen sowie zum Nachweis von metastabilen Zuständen.

Die Kritische-Potenziale-Röhre besitzt eine Elektronenkanone mit direkt geheizter Wolfram-Glühkathode und zylinderförmiger Anode in einem evakuierten und mit Helium gefüllten Glaskolben. Die Innenseite des Glaskolbens ist leitend beschichtet und mit der Anode verbunden. Der Kollektorring ist so im Innern des Glaskolbens platziert, dass der divergente Elektronenstrahl ihn nicht direkt erreichen kann.

Die Batterieeinheit dient zur Bereitstellung der Kollektorspannung (Gegenspannung)  $U_R$  zwischen Anode und Kollektorring.

### 3. Lieferumfang

- 1 Kritische-Potenziale-Röhre S mit He-Füllung
- 1 Batterieeinheit (Batterie nicht enthalten)
- 1 Abschirmung
- 1 Bedienungsanleitung

### 4. Technische Daten

Gasfüllung:	Helium
Kathodenheizung:	$U_F \leq 7 \text{ V DC}$
Anodenspannung:	$U_A \leq 60 \text{ V}$
Anodenstrom:	$I_A \leq 10 \text{ mA}$
Kollektorspannung:	$U_R = 1,5 \text{ V}$
Kollektorstrom:	$I_R \leq 200 \text{ pA}$
Glaskolben:	ca. 130 mm $\varnothing$
Gesamtlänge:	ca. 260 mm

### 5. Zusätzlich erforderliche Geräte

Zum Betrieb der Röhre:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1 Röhrenhalter S   | 1014525           |
| 1 Steuereinheit für Kritische-Potenziale-Röhren (115 V oder 230 V) | 1000633 / 1008506 |
| 1 DC-Netzgerät, 0–20 V (115 V oder 230 V) oder                     | 1003311 / 1003312 |
| 1 Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment (115 V oder 230 V)     | 1012819 / 1012818 |

Zur Messwerterfassung:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1 Analog-Oszilloskop 2x30 MHz oder       | 1002727           |
| 2 HF-Kabel BNC / 4-mm-Stecker oder       | 1002748           |
| 1 3B NET/og™ (115 V oder 230 V)          | 1000539 / 1000540 |
| 1 3B NET/ab™                             | 1000544           |
| 1 Batterie AA 1,5 V                      |                   |
| 1 Satz 15 Sicherheits-Experimentierkabel | 1002843           |

### 6. Bedienung

#### 6.1 Einsetzen der Röhre in den Röhrenhalter

- Röhre nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.
- Röhre mit leichtem Druck in die Fassung des Röhrenhalters schieben bis die Stiftkontakte vollständig in der Fassung sitzen, da-

bei auf eindeutige Position des Führungsstiftes achten.

#### 6.2 Entnahme der Röhre aus dem Röhrenhalter

- Röhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.
- Zum Entnehmen der Röhre von hinten auf den Führungsstift drücken bis sich die Kontaktstifte lösen. Dann die Röhre entnehmen.

### 7. Experimentierbeispiel

#### Bestimmung der kritischen Potenziale des Heliumatoms

##### 7.1 Allgemeine Hinweise

Der Experimentieraufbau mit der Kritische-Potenziale-Röhre ist sehr empfindlich gegen elektromagnetische Störquellen (Computer, Leuchtstoffröhren etc.).

- Experimentierplatz so wählen, dass elektromagnetische Störquellen vermieden werden.

##### 7.2 Experimentieraufbau mit der Steuereinheit für Kritische-Potenziale-Röhren

- Röhre in den Röhrenhalter einsetzen.

Bereitstellung der Heizspannung  $U_F$ :

- Buchse F3 des Röhrenhalters mit dem Pluspol des Ausgangs des DC-Netzgerätes und F4 mit dem Minuspol verbinden. (siehe Fig. 1)

Bereitstellung der Beschleunigungsspannung  $U_A$ :

- Buchse C5 des Röhrenhalters mit dem Minus-Pol des Ausgangs  $V_A$  der Steuereinheit und mit dem Minuspol des DC-Netzgerätes verbinden.
- Buchse A1 des Röhrenhalters mit dem Pluspol des Ausgangs  $V_A$  der Steuereinheit verbinden.

Bereitstellung der Kollektorspannung  $U_R$ :

- Pluspol des Ausgangs  $V_A$  der Steuereinheit mit dem Minuspol der 1,5-V-Batterie verbinden.
- Pluspol der 1,5-V-Batterie mit einer Massebuchse der Steuereinheit verbinden.
- Abschirmung über die Röhre stülpen und mit der Falzkante in die Aufnahme des Röhrenhalters schieben, so dass sich die Röhre vollständig innerhalb der Abschirmung befindet. Dann mit einer Massebuchse der Steuereinheit verbinden.
- Anschlusskabel des Kollektorings an den BNC-Eingang der Steuereinheit anschließen.

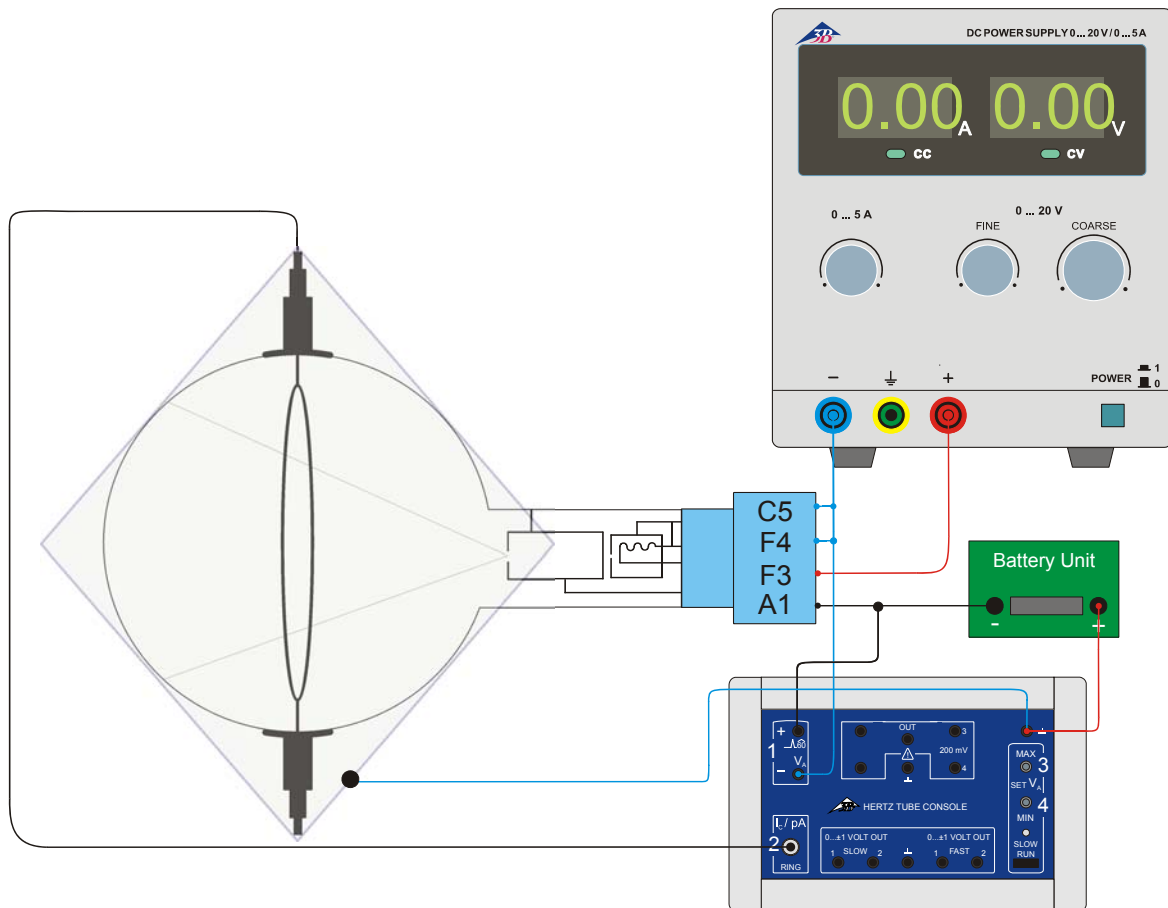


Fig. 1 Experimentieraufbau mit der Steuereinheit für Kritische-Potenziale-Röhren

### 7.2.1 Durchführung mit dem 3B NET/og™

- Minimale Spannung an Ausgang  $V_A$  der Steuereinheit auf ca. 10 V und maximale Spannung auf ca. 35 V stellen; dazu mit 3B NET/og™ die um den Faktor 1000 kleineren Spannungen zwischen Buchse 3 und Masse bzw. Buchse 4 und Masse messen. Alternativ können die Spannungen mit Hilfe eines Multimeters eingestellt werden.
- 3B NET/og™ an Computer anschließen.
- Ausgang Fast 1 der Steuereinheit an Eingang A und Ausgang Fast 2 an Eingang B des 3B NET/og™ anschließen. (siehe Fig. 2)
- 3B NET/og™ einschalten und Computerprogramm 3B NET/lab™ starten.
- „Messlabor“ auswählen und einen neuen Datensatz anlegen.
- Analogeingänge A und B auswählen und jeweils im Gleichspannungsmodus (VDC) für A den Messbereich 200 mV und für B den Messbereich 2 V einstellen.
- Formel  $I = -667 * \text{“Input\_B”}$  (Einheit pA) eintragen.
- Messintervall = 50  $\mu\text{s}$ , Messzeit = 0,05 s und Modus = Standard wählen.
- Triggerung an Eingang A mit steigender Flanke (20%) aktivieren.
- Am DC-Netzgerät eine Heizspannung von ca. 3,5 V einstellen.
- Aufzeichnung der Messwerte starten.
- Diagramm erstellen, in dem die X-Achse mit der „rel Zeit in s“ und die Y-Achse mit der Größe  $I$  belegt ist.
- Immer wieder die Messwerte neu aufzeichnen, dabei die Heizspannung etwas erhöhen und die minimale und die maximale Beschleunigungsspannung  $U_A$  variieren, um die Messkurve zu optimieren.
- Im Spektrum den  $2^3\text{S}$ -Peak bei 19,8 eV identifizieren und seine Position  $t_1$  auf der Zeitachse bestimmen.
- Ionisationsgrenze bei 24,6 eV identifizieren und deren Position  $t_2$  auf der Zeitachse bestimmen.
- Neue Formel mit dem Namen E und der Definition  $19,8 + 4,8 * (t - t_1)/(t_2 - t_1)$  mit der Einheit eV eintragen; dabei für  $t_1$  und  $t_2$  die gefundenen Zahlenwerte in s einsetzen.

- Diagramm erstellen, in dem die X-Achse mit der Größe  $E$  und die Y-Achse mit der Größe  $I$  belegt ist (siehe Fig. 3).
- Zur Aufzeichnung der Ionisationskurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

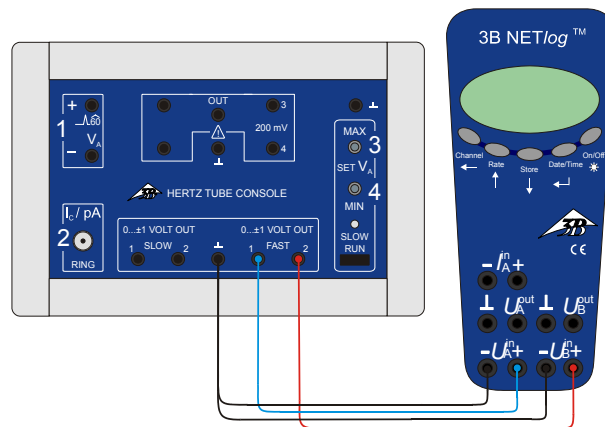


Fig. 2 Anschluss des 3B NETlog™ an das Steuergerät für Kritische-Potenziale-Röhren

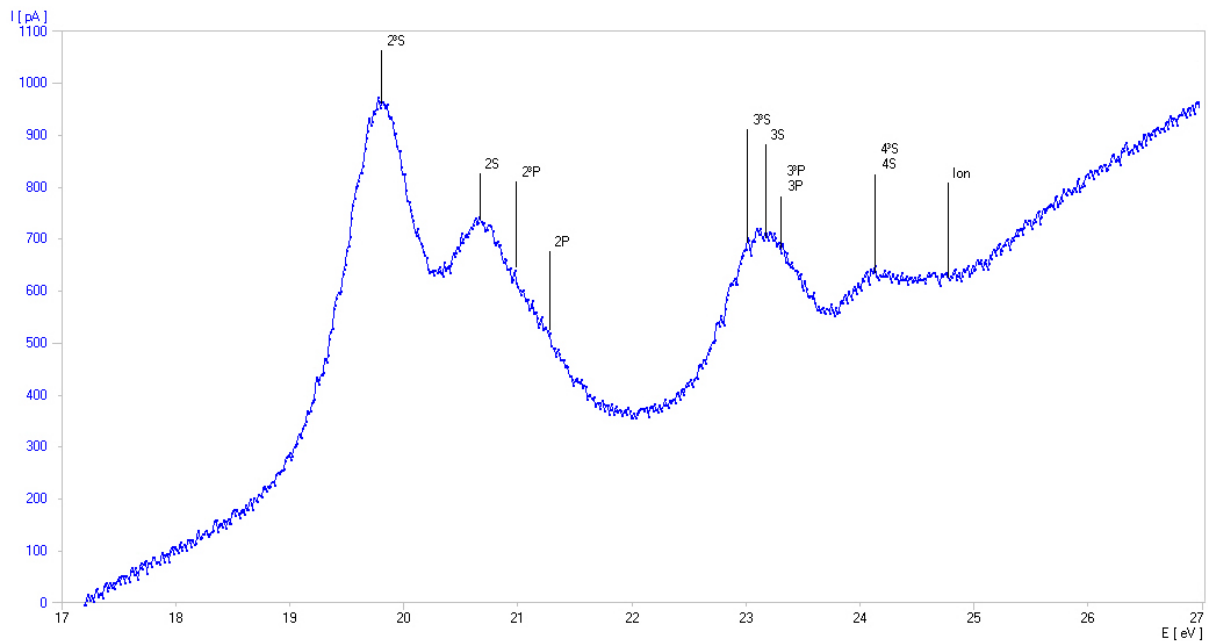


Fig. 3: Bestimmung der kritischen Potenziale des Heliumatoms (Messkurve aufgenommen mit dem 3B NETlog™)

### 7.2.2 Durchführung mit einem Oszilloskop

- Ausgang Fast1 der Steuereinheit an Channel 1 (X-Ablenkung) und Ausgang Fast 2 an Channel 2 (Y-Ablenkung) des oszilloskops anschließen. (siehe Fig. 4)
- Minimale Spannung an Ausgang  $V_A$  der Steuereinheit auf ca. 10 V und maximale Spannung auf ca. 35 V stellen; dazu mit einem Multimeter die um den Faktor 1000 kleineren Spannungen zwischen Buchse 3 und Masse bzw. Buchse 4 und Masse messen.
- Am DC-Netzgerät eine Heizspannung von ca. 3,5 V einstellen.

### Oszilloskopeinstellungen:

Channel 1: 50 mV/Div  
 Channel 2: 0,2 V/Div  
 Time-Base: 5 ms  
 Trigger auf Channel 1

- Heizspannung, untere und obere Grenze der Beschleunigungsspannung sowie die Oszilloskopparameter variieren, bis eine optimale Kurve erscheint.
- Zur Aufzeichnung der Ionisationskurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

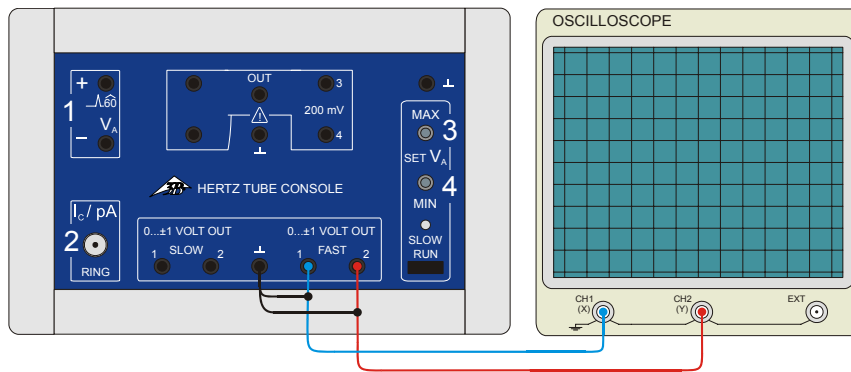


Fig. 4 Anschluss eines Oszilloskops an das Steuergerät für Kritische-Potenziale-Röhren

### 7.3 Experimentieraufbau mit dem Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

- Röhre in den Röhrenhalter einsetzen.

Bereitstellung der Heizspannung  $U_F$ :

- Buchse F3 des Röhrenhalters mit Buchse F am Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment und Buchse F4 mit Buchse K verbinden. (siehe Fig. 5)

Bereitstellung der Beschleunigungsspannung  $U_A$ :

- Buchse C5 des Röhrenhalters mit Buchse K am Betriebsgerät und Buchse A1 mit Buchse A verbinden.

Die Bereitstellung der Kollektorspannung  $U_R$  erfolgt intern im Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment.

- Abschirmung über die Röhre stülpen und mit der Falzkante in die Aufnahme des Röhrenhalters schieben, so dass sich die Röhre vollständig innerhalb der Abschirmung befindet. Dann mit einer Massebuchse der Steuereinheit verbinden.
- Anschlusskabel des Kollektorringes an den BNC-Eingang des Betriebsgerätes anschließen.

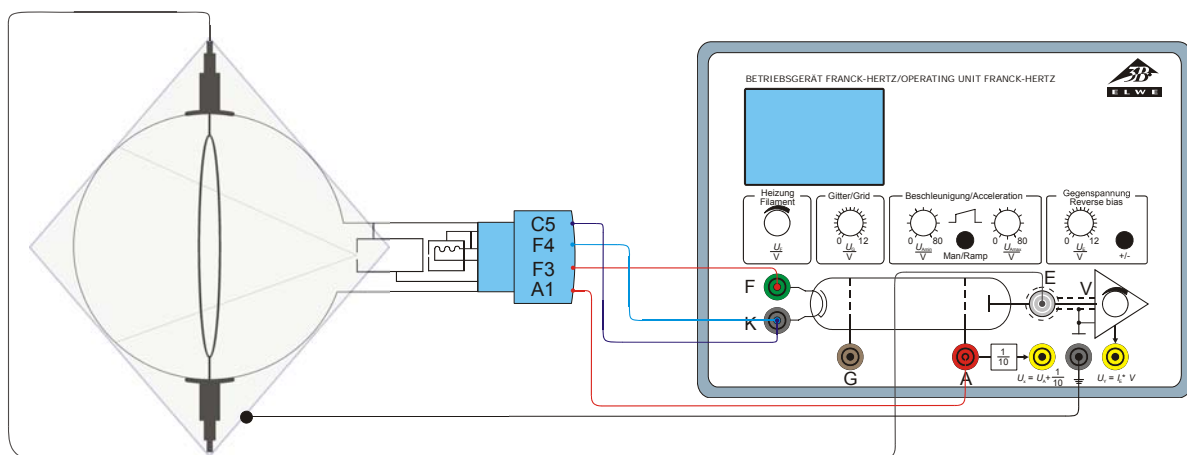


Fig. 5 Experimentieraufbau mit dem Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

#### 7.3.1 Durchführung mit dem 3B NET/og™

- 3B NET/og™ ans Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment anschließen. (siehe Fig. 6) Dazu Ausgang  $U_x$  des Betriebsgeräts für Franck-Hertz-Experiment an Eingang A und Ausgang  $U_y$  an Eingang B des 3B NET/og™ anschließen.
- Am Betriebsgerät im Modus Rampe eine minimale Spannung von ca. 10 V und eine maximale Spannung von ca. 35 V einstellen.
- Heizspannung von ca. 3,5 V und Kollektorspannung von ca. -1,5 V wählen.

- Einstellungen am Interface 3B NET/og™ sowie Computerprogramm 3B NET/lab™ und Messwertaufzeichnung wie unter Punkt 7.2.1 beschrieben vornehmen.
- Heizspannung, untere und obere Grenze der Beschleunigungsspannung, Kollektorspannung sowie die Verstärkung variieren, bis eine optimale Kurve erscheint.
- Zur Aufzeichnung der Ionisationskurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

### 7.3.2 Durchführung mit einem Oszilloskop

- Ausgang  $U_x$  des Betriebsgeräts für Franck-Hertz-Experiment an Channel 1 (X-Ablenkung) und Ausgang  $U_y$  an Channel 2 (Y-Ablenkung) des Oszilloskops anschließen. (siehe Fig. 7)
- Am Betriebsgerät im Modus Rampe eine minimale Spannung von ca. 10V und eine maximale Spannung von ca. 35 V einstellen.
- Heizspannung von ca. 3,5 V und Kollektorspannung von ca. -1,5 V wählen.

Time-Base: 5 ms

Trigger auf Channel 1

- Heizspannung, untere und obere Grenze der Beschleunigungsspannung, Kollektorspannung, Verstärkung sowie die Oszilloskopparameter variieren, bis eine optimale Kurve erscheint.
- Zur Aufzeichnung der Ionisationskurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

Oszilloskopeinstellungen:

Channel 1: 50 mV/Div

Channel 2: 0,2 V/Div

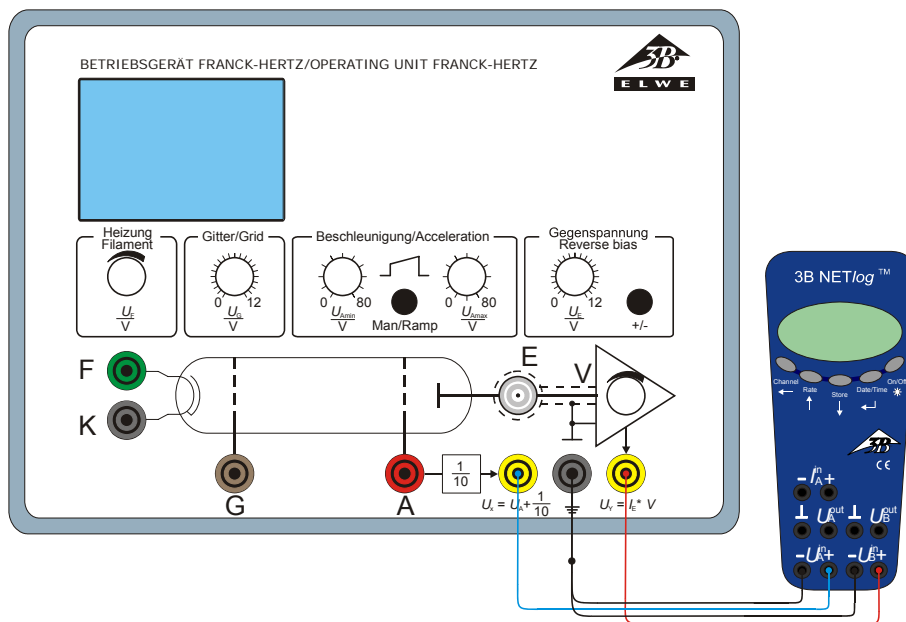


Fig. 6 Anschluss des 3B NET/log™ an das Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

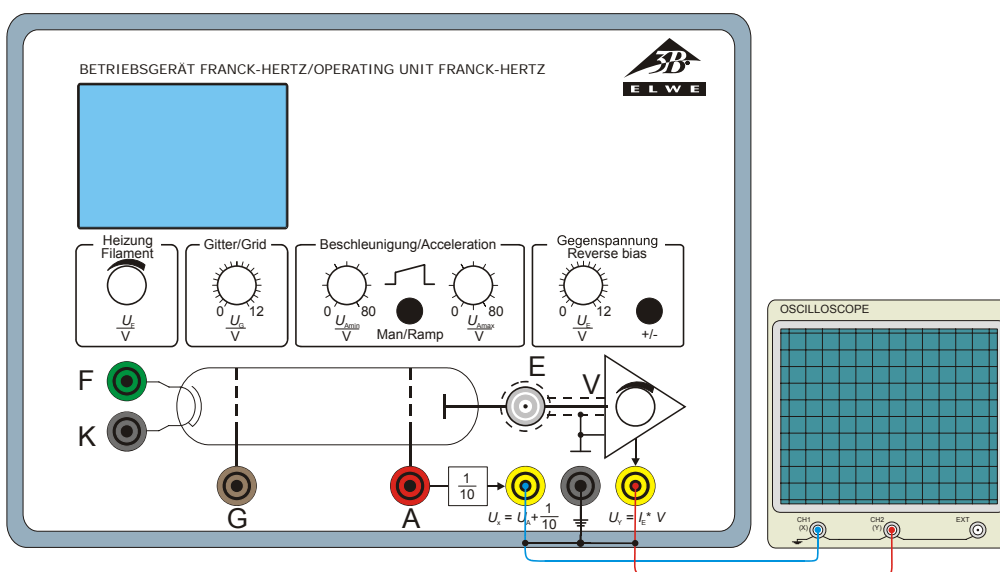


Fig. 7 Anschluss eines Oszilloskops an das Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

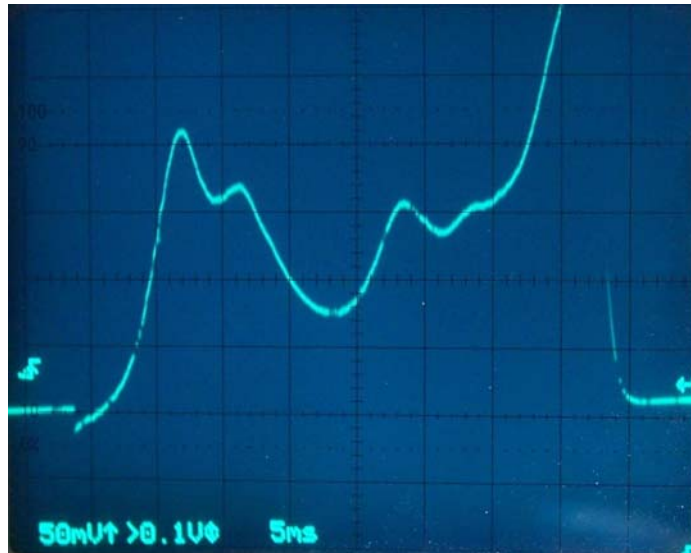


Fig.8 Beispiel einer Messkurve aufgenommen mit dem Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

#### 7.4. Kalibrierung der Messkurve

- Bei einer Heizspannung von 3,5 V und einer Kollektorspannung von -1,5 V die untere Grenze der Beschleunigungsspannung auf 0 V und die obere Grenze auf 60 V einstellen. Verstärkung aufdrehen.

Auf dem Oszilloskopschirm erscheint eine Messkurve, bei der an drei Stellen schwach ausgebildete Strukturen zu sehen sind. Davon sind hier die ersten Strukturen von Interesse. Um diesen Bereich hervorzuheben folgendermaßen weiter verfahren.

- Obere Grenze der Beschleunigungsspannung auf ca. 35 V reduzieren.

Dadurch wird auf die Messkurve eingezoomt und die Strukturen werden deutlicher.

- Um die Messkurve noch größer abzubilden, die Verstärkung oder die Heizspannung erhöhen. Gegebenenfalls auch die Einstellungen am Oszilloskop anpassen.
- Untere Grenze der Beschleunigungsspannung soweit erhöhen (auf ca. 15 V), bis die Messkurve mit der Flanke zum ersten Peak beginnt. Gegebenenfalls die Verstärkung

erhöhen, um die Strukturen besser abzubilden.

- Obere Grenze der Beschleunigungsspannung weiter reduzieren (auf ca. 20 V), bis die Messkurve an der Stelle endet, wo die Ionisation einsetzt.

Der Bereich der Messkurve, in dem die kritischen Potenziale liegen, ist nun mit klar definierten Grenzen auf dem Oszilloskopschirm abgebildet und die kritischen Potenziale können eindeutig identifiziert werden.

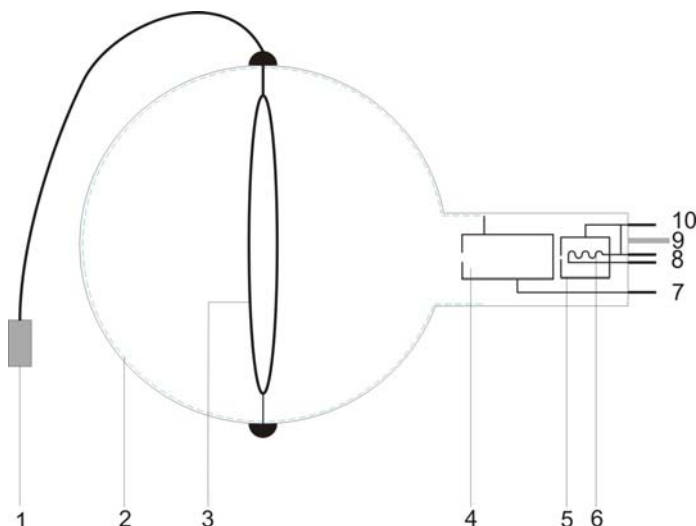




## Critical Potentials Tube S with He-Filling 1000620

### Instruction sheet

08/13 ALF



- 1 BNC jack
- 2 Glass coating at the anode voltage
- 3 Collector ring
- 4 Anode
- 5 Electron gun
- 6 Heater filament
- 7 Connection pin anode
- 8 Connection pin filament
- 9 Guide pin
- 10 Connection pin cathode

### 1. Safety instructions

Hot cathode tubes are thin-walled, highly evacuated glass tubes. Treat them carefully as there is a risk of implosion.

- Do not subject the tube to mechanical stresses.
- Do not subject the connection leads to any tension.
- The tube may only be used with tube holder S (1014525).

If voltage or current is too high or the cathode is at the wrong temperature, it can lead to the tube becoming destroyed.

- Do not exceed the stated operating parameters.
- Only change circuits with power supply equipment switched off.
- Only exchange tubes with power supply equipment switched off.

When the tube is in operation, the stock of the tube may get hot.

- Allow the tube to cool before dismantling.

The compliance with the EC directive on electromagnetic compatibility is only guaranteed when using the recommended power supplies.

### 2. Description

The critical potentials tube S with helium filling is for quantitative analysis of inelastic collisions between electrons and helium atoms and serves to determine ionisation energy and excitation energies of helium, to solve primary and spin momentum quantum numbers and to demonstrate metastable states.

The critical potential tube features an electron gun with a directly heated tungsten cathode and a cylindrical anode in a glass bulb, evacuated and then filled with helium. The inner wall of the bulb is covered with a conductive coating connected to the anode. The collector ring is situated inside the bulb in such a way that diverging electron beams cannot directly collide with it.

The battery unit provides a (decelerating) collector voltage  $V_R$  between the anode and the collector.

### 3. Contents

- 1 Critical potentials tube S with He filling
- 1 Battery unit (battery not included)
- 1 Shielding
- 1 Manual

### 4. Technical data

Gas filling:	Helium
Filament voltage:	$U_F \leq 7 \text{ V DC}$
Anode voltage:	$U_A \leq 60 \text{ V}$
Anode current:	$I_A \leq 10 \text{ mA}$
Collector voltage:	$U_R = 1,5 \text{ V}$
Collector current:	$I_R \leq 200 \text{ pA}$
Glass bulb:	130 mm diam. approx
Length of tube:	260 mm approx.

### 5. Additionally required

For operating the tube:

- 1 Tube holder S 1014525
  - 1 Control Unit for Critical Potential Tubes (115 V or 230 V) 1000633 / 1008506
  - 1 DC-Power Supply, 0–20 V (115 V or 230 V) 1003311 / 1003312
- or
- 1 Power Supply Unit for Franck-Hertz Experiment (115 V or 230 V) 1012819 / 1012818

For making measurements:

- 1 Analogue Oscilloscope 2x30 MHz 1002727
  - 2 HF Patch Cords, BNC/4 mm Plug 1002748
- or
- 1 3B NETlog™ (115 V or 230 V) 1000539 / 1000540
  - 1 3B NETlab™ 1000544
- 1 Battery AA 1.5 V
  - 1 Set of 15 Safety Experiment Leads 1002843

### 6. Operation

#### 6.1 Setting up the tube in the tube holder

- The tube should not be mounted or removed unless all power supplies are disconnected.
- Press tube gently into the stock of the holder and push until the pins are fully inserted.

Take note of the unique position of the guide pin.

#### 6.2 Removing the tube from the tube holder

- Allow the tube to cool before dismantling.
- To remove the tube, apply pressure on the guide pin until the pins loosen, then pull out the tube.

### 7. Example experiment

#### Determine the critical potentials of a helium atom

##### 7.1 General notes

The experiment set-up with the critical potential tube is highly sensitive to sources of electromagnetic interference. (computers, fluorescent lights).

- Select a location for the experiment where electromagnetic interference can be avoided.

##### 7.2 Experiment set-up with the control unit for critical potential tubes

- Insert the tube into the tube holder.

Provision of heater voltage  $V_F$ :

- Connect the sockets F3 of the tube holder to the positive terminal of the DC power supply and F4 to the negative terminal. (see Fig. 1)

Provision of accelerating voltage  $V_A$ :

- Connect socket C5 of the tube holder to the negative terminal of the output  $V_A$  on the control unit and to the negative terminal of the DC power supply.
- Connect socket A1 to the positive terminal of the output  $V_A$  on the control unit.

Provision of collector voltage  $V_R$ :

- The positive pole of the output  $V_A$  should be connected to the negative pole of the 1.5-V battery.
- Connect the positive terminal of the 1.5 V battery to an earth socket on the control unit.
- Put the shielding over the tube and slot it into the groove on the tube holder so that the tube is completely enclosed by shielding. Then connect the control unit by means of the ground socket.
- Connect the lead from the collector ring to the BNC input socket of the control unit.

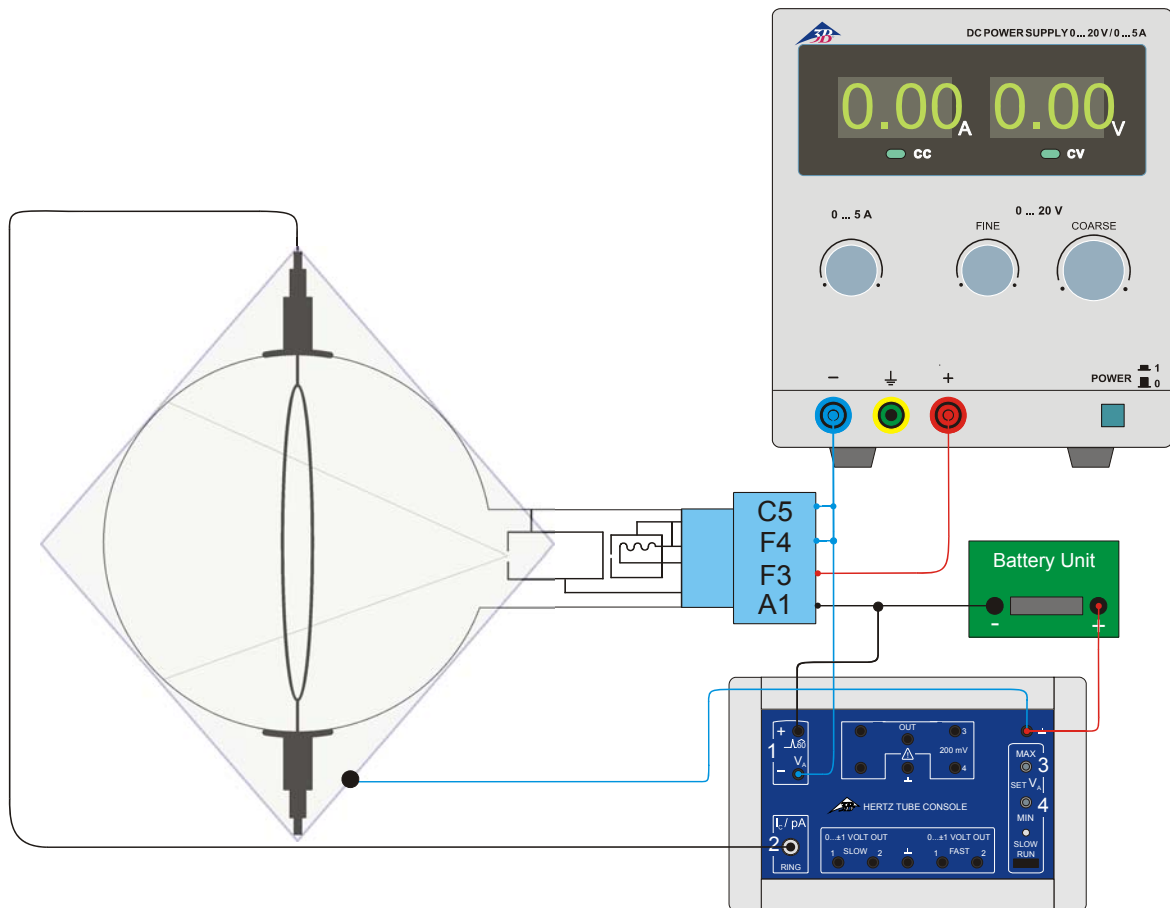


Fig. 1 Experiment set-up with the control unit for critical potential tubes

### 7.2.1 Procedure with 3B NET/log™

- At the output  $V_A$  of the control unit, set the minimum voltage to about 10 V and the maximum voltage to about 35 V, by using the 3B NET/log™ unit to measure the voltages (smaller by a factor of 1000) between socket 3 and earth and that between socket 4 and earth. Alternatively, the voltages can be set up with the help of a multimeter.
- Connect the 3B NET/log™ unit to the computer.
- Connect the output “Fast 1” from the control unit to input A of the 3B NET/log™ unit and the output “Fast 2” to input B. (See Fig. 2)
- Switch on the 3B NET/log™ unit and start the 3B NET/lab™ program on the computer.
- Select the “Measurement lab” function and open a new data record.
- Select analogue inputs A and B and DC voltage mode (VDC), setting the measurement ranges to 200 mV for A and 2 V for B.
- Enter the formula  $I = -667 * \text{“Input\_B”}$  (unit pA).
- Set the following parameters: Measurement interval = 50  $\mu\text{s}$ , Measurement duration = 0.05 s, Mode = Recorder.
- Set triggering on the input A with rising edge (20%).
- On the DC power supply, set the heater voltage to 3.5 V.
- Start the graph-plotting of the experimental data.
- Set up the graph with “relative time  $t$  in s” on the x-axis and the quantity  $I$  on the y-axis.
- Repeat the measurements with slightly higher heater voltages and vary the minimum and maximum accelerating voltages  $U_A$  to find the optimum graph.
- In the spectrum, identify the  $2^3\text{S}$  peak at 19.8 eV and determine its position  $t_1$  on the time axis.
- Identify the ionisation threshold at 24.6 eV and determine its position  $t_2$  on the time axis.
- Enter a new formula for the quantity  $E$  defined as  $19.8 + 4.8 * (t - t_1) / (t_2 - t_1)$  with the unit eV; in this expression enter the

- numerical values for  $t_1$  and  $t_2$  in s determined as above.
- Set up a graph with the quantity  $E$  on the x-axis and the quantity  $I$  on the y-axis. (See Fig. 3).
- In order to display the ionisation curve, reverse the polarity of the collector voltage.

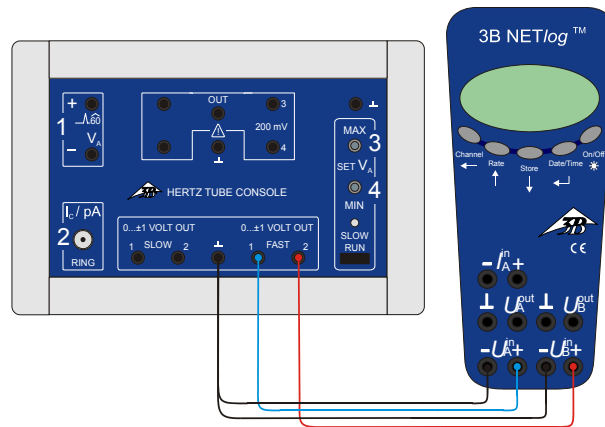


Fig. 2 Connection of 3B NET/log™ to the control unit for critical potential tubes

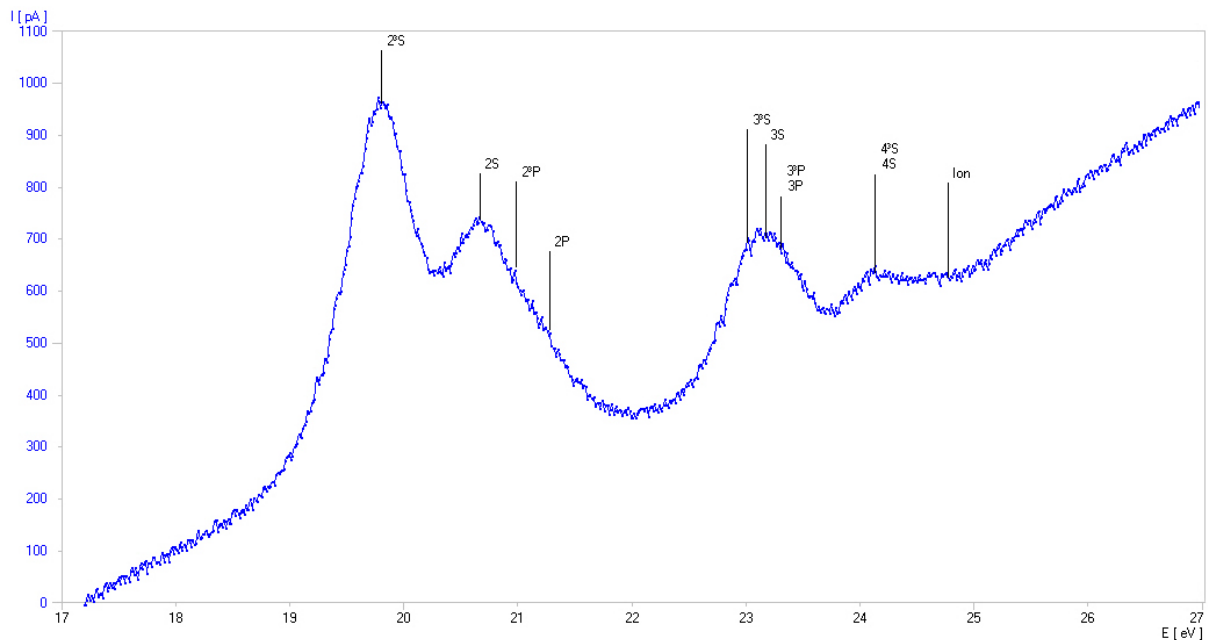


Fig. 3: Determination of critical potentials for helium atoms (curve recorded using 3B NET/log™)

### 7.2.2 Procedure with an oscilloscope

- Connect output Fast1 on the control unit to Channel 1 (X deflection) on the oscilloscope and output Fast 2 to Channel 2 (Y deflection). (See Fig. 4)
  - Set the minimum voltage output  $V_A$  on the control unit to approximately 10 V and the maximum voltage to about 35 V. Use a multimeter to measure the voltage between socket 3 and ground or socket 4 and ground, which will be a factor of 1000 times smaller.
  - On the DC power supply, set the heater voltage to 3.5 V.
- Oscilloscope settings:  
Channel 1: 50 mV/div  
Channel 2: 0.2 V/div  
Time-base: 5 ms  
Trigger on Channel 1
- Vary the heating voltage, the upper and lower limits of the accelerating voltage and the oscilloscope parameters until the best curve can be seen.
  - In order to display the ionisation curve, reverse the polarity of the collector voltage.
  - Zur Aufzeichnung der Ionisationskurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

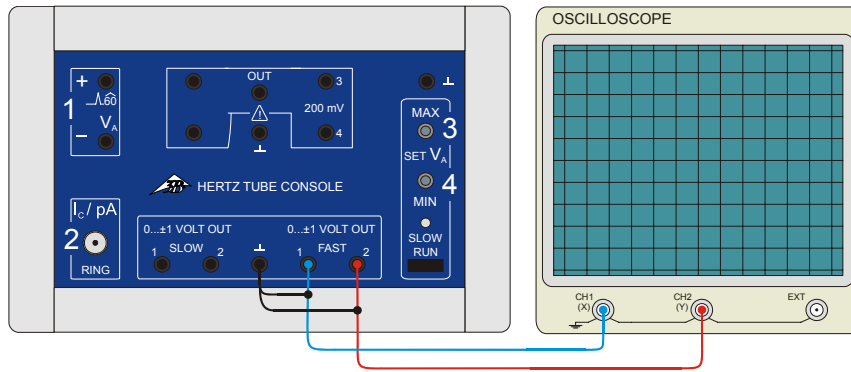


Fig. 4 Connection of an oscilloscope to the control unit for critical potential tubes

### 7.3 Experiment set-up with the control unit for the Franck-Hertz experiment

- Insert the tube into the tube holder.

Provision of heater voltage  $V_F$ :

- Connect socket F3 on the tube holder to socket F on the control unit for the Franck-Hertz experiment and connect socket F4 to socket K. (refer to Fig. 5)

Provision of accelerating voltage  $V_A$ :

- Connect socket C5 on the tube holder to socket K on the control unit and socket A1 to socket A.

The provision of collector voltage  $V_R$  is handled internally inside the control unit for the Franck-Hertz experiment.

- Put the shielding over the tube and slot it into the groove on the tube holder so that the tube is completely enclosed by shielding. Then connect the control unit by means of the ground socket.
- Connect the collector ring to the BNC input on the control unit.

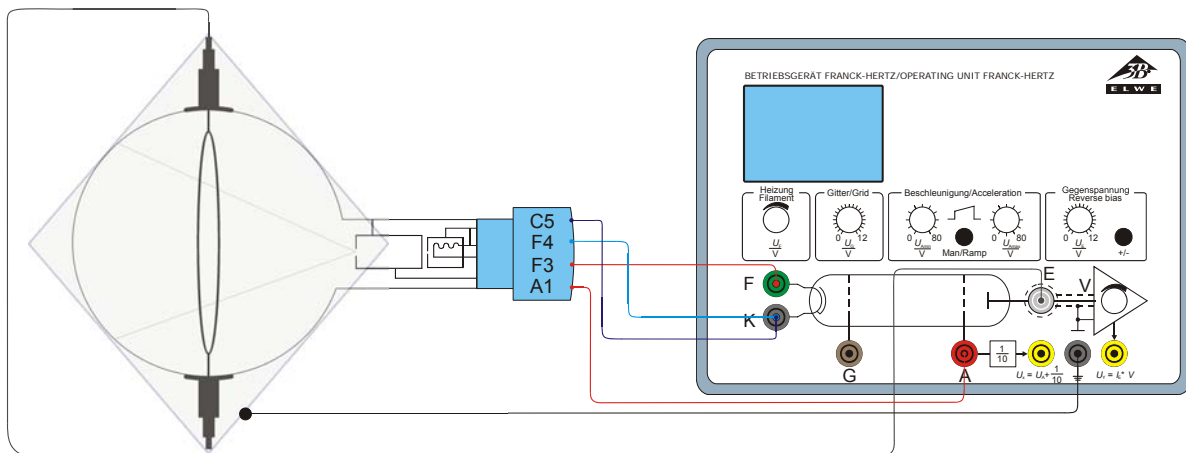


Fig. 5 Experiment set-up with the control unit for the Franck-Hertz experiment

#### 7.3.1 Procedure with 3B NET/og™

- Connect the 3B NET/og™ unit to the control unit for the Franck-Hertz experiment (see Fig. 6). Connect the  $U_x$  output of the control unit to input A of the 3B NET/og™ unit and output  $U_y$  to input B.
- Set the control unit to ramp mode and configure a minimum voltage of about 10 V, with a maximum voltage of about 35 V.
- Select a heater voltage of some 3.5 V and a collector voltage of around -1.5 V.
- Set up the 3B NET/og™ interface, the 3B NET/lab™ computer program and the

measurement recording as described in section 7.2.1.

- Vary the heating voltage, the upper and lower limits of the accelerating voltage and the gain until the best optimal can be seen.
- In order to display the ionisation curve, reverse the polarity of the collector voltage.

#### 7.3.2 Procedure with an oscilloscope

- Connect the  $U_x$  output of the control unit to Channel 1 (X deflection) of the oscilloscope and output  $U_y$  to Channel 2 (Y deflection) (see Fig. 7).

- Set the control unit to ramp mode and configure a minimum voltage of about 10 V, with a maximum voltage of about 35 V.
- Select a heater voltage of some 3.5 V and a collector voltage of around -1.5 V.

Oscilloscope settings:  
 Channel 1: 50 mV/div  
 Channel 2: 0.2 V/div

Time-base: 5 ms  
 Trigger on Channel 1

- Vary the heating voltage, the upper and lower limits of the accelerating voltage and the oscilloscope parameters until the best curve can be seen.
- In order to display the ionisation curve, reverse the polarity of the collector voltage.

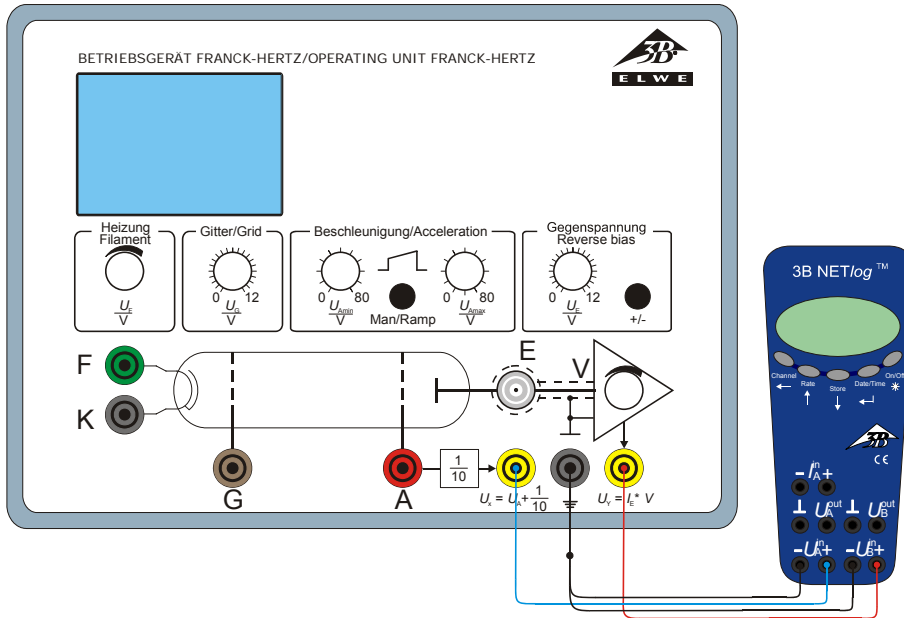


Fig. 6 Connection of 3B NETlog™ to the control unit for the Franck-Hertz experiment

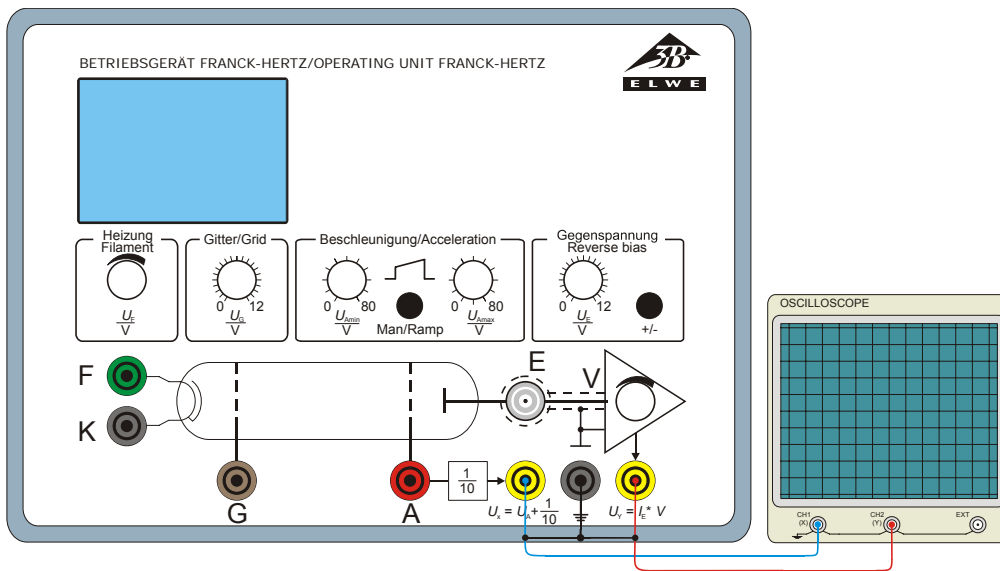


Fig. 7 Connection of oscilloscope to the control unit for the Franck-Hertz experiment

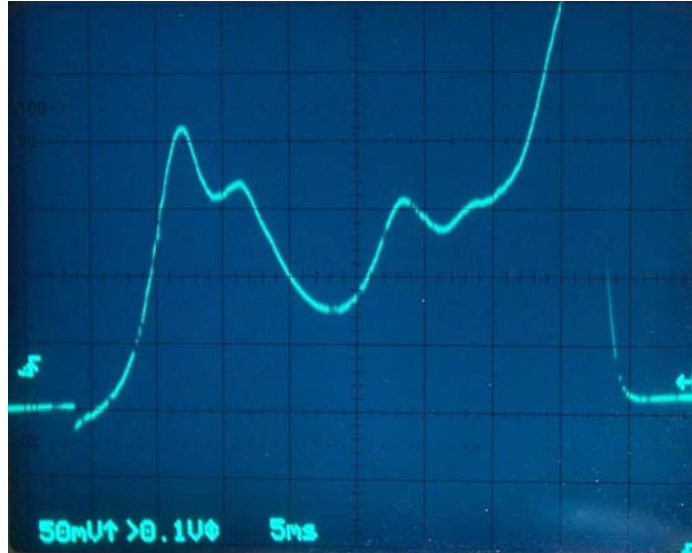


Fig.8 Example curve recorded with the control unit for the Franck-Hertz experiment

### 7.3.3 Calibration of measurement curve

- Set the heater voltage to 3.5 V and collector voltage to -1.5 V; set the lower limit for the accelerating voltage to 0 V and the upper limit to 60 V. Turn up the gain.

The oscilloscope screen shows a curve which has a weakly defined structure in three places. The first of these structures are of interest here. To emphasise these places, carry out the following procedure.

- Reduce the upper limit of the accelerating voltage down to about 35 V.

This zooms in on the measurement curve and the structures become clearer.

- In order to display the curve even bigger, raise either the gain or the heater voltage. You may need to change the oscilloscope settings.
- Raise the upper limit of the accelerating voltage (to about 15 V) until the curve starts at the edge of the first peak. You may need

to increase the gain to display the structures better.

- Reduce the upper limit of the accelerating voltage (to about 20 V) until the curve ends at the point where ionisation begins.

The range of the curve in which the critical potentials lie is now displayed within clearly defined limits on the oscilloscope screen and the critical potentials themselves can specifically be identified.

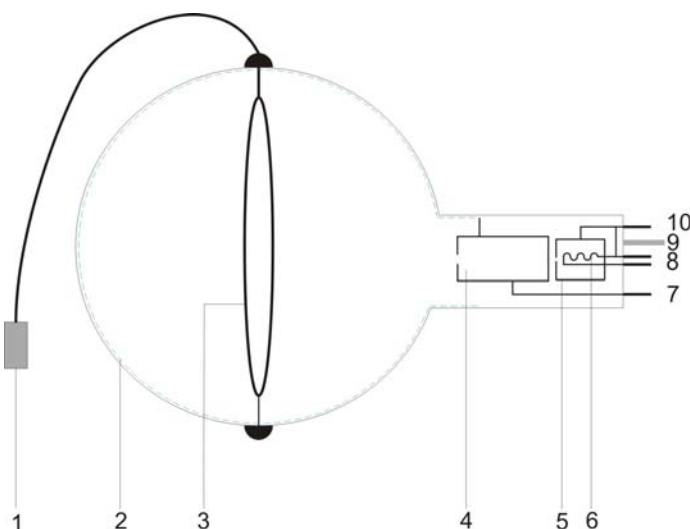




## Tube à potentiels critiques S, Hélium 1000620

### Manuel d'utilisation

08/13 ALF



- 1 Douille BNC
- 2 Revêtement paroi interne sur potentiel d'anode
- 3 Bague collectrice
- 4 Anode
- 5 Canon électronique
- 6 Filament
- 7 Broche de contact anode
- 8 Broches de contact chauffage
- 9 Pointe
- 10 Broche de contact cathode

### 1. Consignes de sécurité

Les tubes thermoioniques sont des cônes en verre à paroi mince sous vide. Manipulez-les avec précaution : risque d'implosion !

- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques.
- N'exposez pas les câbles de connexion à des charges de traction.
- Le tube n'a le droit d'être utilisé que dans le support pour tube S (1014525).

Des tensions et des courants trop élevés ainsi que des températures de chauffage de la cathode mal réglées peuvent entraîner la destruction du tube.

- Respectez les paramètres de service indiqués.
- Ne procédez à des câblages que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.

Pendant l'utilisation du tube, son col chauffe.

- Au besoin, laissez refroidir le tube avant de le démonter.

Le respect de la directive CE sur la compatibilité électromagnétique est uniquement garanti avec les alimentations recommandées.

### 2. Description

Le tube à potentiels critiques S rempli d'hélium sert à l'analyse quantitative des chocs inélastiques des atomes de gaz inertes avec des électrons libres, à la détermination de l'énergie d'ionisation et des énergies d'excitation de l'hélium, à la quantification de niveaux d'énergie discrets de différents nombres quantiques associés aux moments cinétiques global et orbital et enfin, à la mise en évidence d'états métastables.

Le tube à potentiels critiques possède un canon électronique avec une cathode en wolfram à chauffage direct et une anode de forme cylindrique dans un tube en verre sous vide et contenant de l'hélium. La paroi interne du tube en verre est revêtue d'un matériau électroconducteur et reliée à l'anode. La bague collectrice est placée à l'intérieur du ballon de telle façon que le faisceau d'électrons divergent ne puisse pas l'atteindre directement.

L'unité à pile sert au raccordement de la tension au collecteur (différence de potentiel inversé)  $U_R$  entre l'anode et la bague collectrice.

### 3. Fournitures

- 1 Tube à potentiels critiques S, Hélium
- 1 Unité à pile (pile non fournie)
- 1 Blindage
- 1 Manuel d'utilisation

### 4. Caractéristiques techniques

- Remplissage de gaz : hélium
- Tension de chauffage :  $U_F \leq 7 \text{ V CC}$
- Tension anodique :  $U_A \leq 60 \text{ V}$
- Courant anodique :  $I_A \leq 10 \text{ mA}$
- Tension de collecteur :  $U_R = 1,5 \text{ V}$
- Courant de collecteur :  $I_R \leq 200 \text{ pA}$
- Ampoule :  $\varnothing$  env. 130 mm
- Longueur totale : env. 260 mm

### 5. Autres équipements requis

Matériel pour le montage du tube :

- 1 Support pour tube S 1014525
- 1 Commande pour tubes à potentiels critiques (115 V ou 230 V) 1000633 / 1008506
- 1 Alimentation CC, 0–20 V (115 V ou 230 V) 1003311 / 1003312  
ou
- 1 Appareil pour l'expérience de Franck et Hertz (115 V ou 230 V) 1012819 / 1012818

Matériel pour la réalisation des mesures :

- 1 Oscilloscope analogique 2x30 MHz 1002727
- 2 Cordons HF, BNC / douille 4 mm 1002748  
ou
- 1 3B NETlog™ (115 V ou 230 V) 1000539 / 1000540
- 1 3B NETlab™ 1000544
- 1 Pile AA 1,5 V
- 1 Jeu de 15 cordons de sécurité 1002843

### 6. Commande

#### 6.1 Emploi du tube dans le porte-tube

- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Glissez le tube dans la monture du porte-tube en appuyant légèrement dessus, jusqu'à ce que les contacts soient entièrement insérés dans la monture. Veillez au positionnement précis de la pointe de guidage.

#### 6.2 Retrait du tube du porte-tube

- Laissez refroidir le tube avant de le démonter.
- Pour démonter le tube, appuyez sur l'arrière de la pointe de guidage, jusqu'à ce que les contacts soient desserrés. Puis, retirez le tube.

### 7. Exemple d'expérience

#### Détermination des potentiels critiques de l'atome d'hélium

##### 7.1 Informations générales

Le montage expérimental avec le tube à potentiels critiques est très sensible aux perturbations électromagnétiques (ordinateurs, tubes fluorescents etc.).

- Choisir un emplacement de façon à éviter le plus possible ces perturbations électromagnétiques.

##### 7.2 Montage expérimental avec l'unité de commande pour tubes à potentiels critiques

- Engagez le tube dans le support pour tube.

Raccordement de la tension de chauffage  $U_F$ .

- Raccordez la douille F3 du support pour tube au pôle positif de la sortie du bloc d'alimentation continue et F4 au pôle négatif. (voir Fig. 1)

Raccordement de la tension d'accélération  $U_A$ .

- Raccordez la douille C5 du support pour tube au pôle négatif de la sortie  $V_A$  de l'unité de commande ainsi qu'au pôle négatif du bloc d'alimentation continue.
- Raccordez la douille A1 au pôle positif de la sortie  $V_A$  de l'unité de commande.

Raccordement de la tension de la bague collectrice  $U_R$ .

- Relier le pôle positif de la sortie  $V_A$  de l'unité de commande au pôle négatif de la pile AA 1,5 V.
- Raccordez le pôle positif de la batterie de 1,5 V à une douille de masse de l'unité de commande.
- Coiffez le tube de sa protection, poussez celle-ci avec son bord replié dans le logement du support de tube de façon à ce que le tube soit entièrement dans la protection. Puis raccordez le tout à une douille de masse de l'unité de commande.
- Raccordez le cordon de raccordement du collecteur à l'entrée BNC de l'unité de commande.

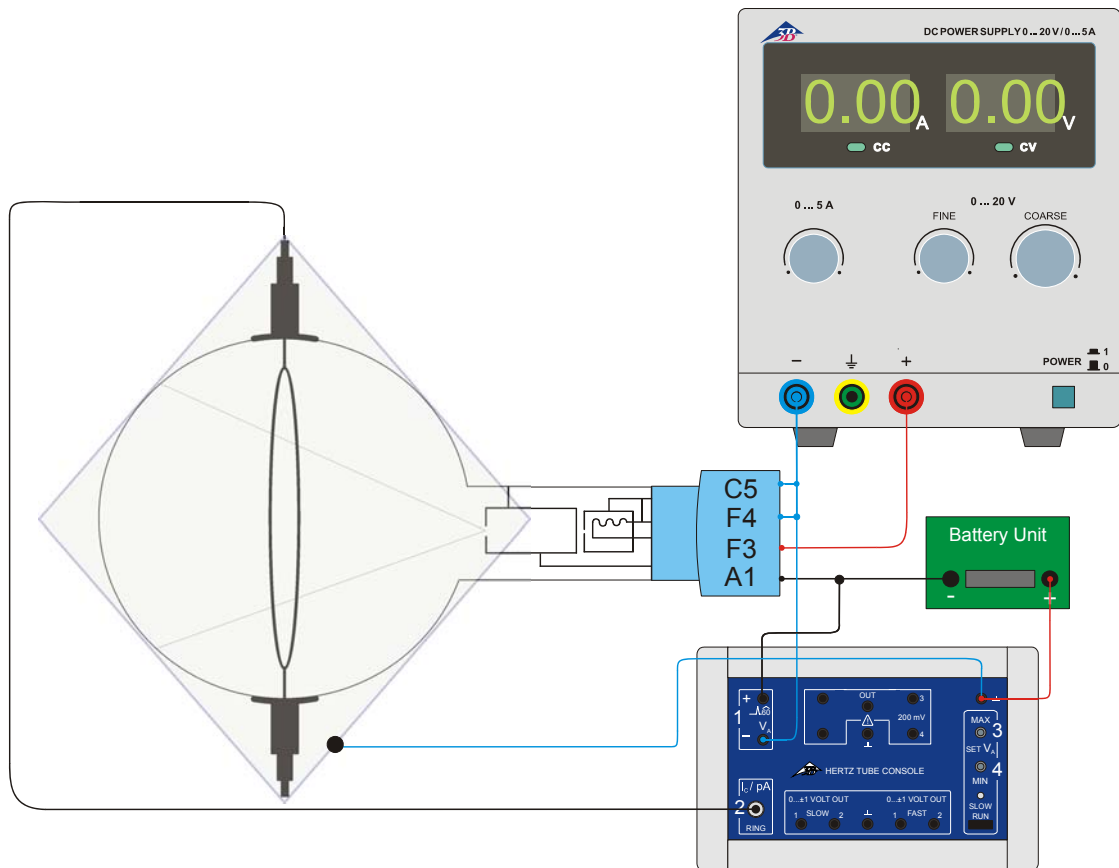


Fig. 1 Montage expérimental avec l'unité de commande pour tubes à potentiels critiques

### 7.2.1 Réalisation de l'expérience avec le 3B NET/og™

- Réglez une tension minimale d'environ 10 V à la sortie  $V_A$  de l'unité de commande et une tension maximale d'environ 35 V ; ce qui se fera en utilisant l'interface 3B NET/og™ et en mesurant les tensions très faibles (de l'ordre de 1 000) soit entre la douille 3 et la masse, soit entre la douille 4 et la masse. Les valeurs de tension peuvent également être réglées au moyen d'un multimètre.
- Connectez l'interface 3B NET/og™ à l'ordinateur.
- Raccordez la sortie Fast 1 de l'unité de commande à l'entrée A et la sortie Fast 2 à l'entrée B de l'interface 3B NET/og™. (voir Fig. 2)
- Lancez l'interface 3B NET/og™, puis démarrez le programme informatique 3B NET/lab™.
- Sélectionnez « Laboratoire de mesures », puis créez un nouvel enregistrement.
- Sélectionnez les entrées analogiques A et B, puis toujours au mode de tension en continue (VCC) la plage de mesures 200 mV pour A et la plage de mesures 2 V pour B.
- Saisissez la formule  $I = -667 * \text{« Input\_B »}$  (unité pA).
- Sélectionnez une plage de mesures égale à 50  $\mu\text{s}$ , un temps de mesure égal à 0,05 s et un mode égal à Standard.
- À l'entrée A, activez un déclenchement à front montant (20 %).
- Réglez une tension de chauffage de 3,5 V sur le bloc d'alimentation continue.
- Démarrez l'enregistrement des valeurs à mesurer.
- Établissez le diagramme où la valeur « temps relatif en s » est attribuée à l'axe X et la valeur  $I$  à l'axe Y.
- Afin d'affiner la courbe des mesures, procédez à plusieurs enregistrements de valeurs en augmentant à chaque mesure légèrement la tension de chauffage et ainsi optimiser les tensions d'accélération  $U_A$  minimale et maximale.
- Dans le spectre, identifiez le pic  $2^3S$  à 19,8 eV, puis déterminez sa position  $t_1$  sur l'axe temporel.
- Identifiez la limite d'ionisation à 24,6 eV, puis déterminez sa position  $t_2$  sur l'axe temporel.

- Saisissez la nouvelle formule du nom de  $E$  et la définition  $19,8 + 4,8 * (t - t_1) / (t_2 - t_1)$  (unité eV); pour  $t_1$  et  $t_2$ , les valeurs numériques obtenues seront saisies en s.
- Établissez le diagramme où la valeur  $E$  est attribuée à l'axe X et la valeur  $I$  à l'axe Y. (voir Fig. 3).
- Pour enregistrer la courbe d'ionisation, inversez la polarité de la tension de la bague collectrice.

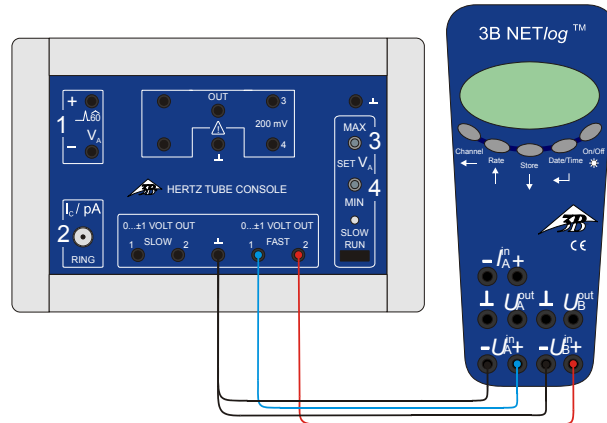


Fig. 2 Raccordement de l'interface 3B NET/log™ à l'unité de commande pour tubes à potentiels critiques

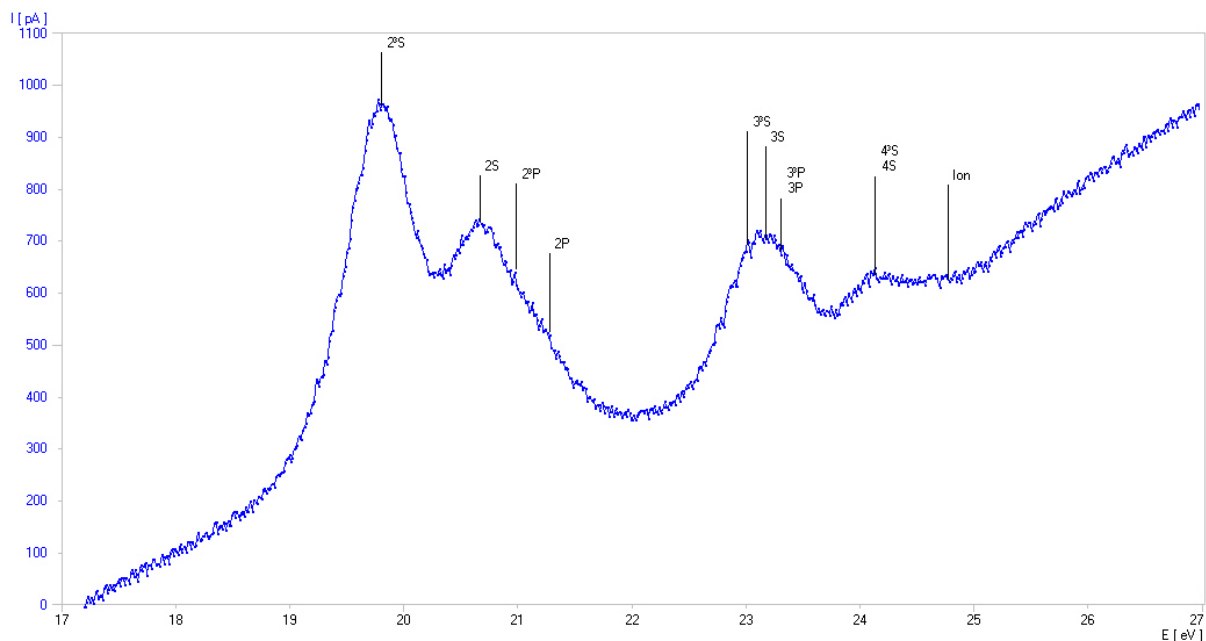


Fig. 3: Détermination des potentiels critiques de l'atome d'hélium (courbe de mesure enregistrée avec le 3B NET/log™)

### 7.2.2 Réalisation de l'expérience avec un oscilloscope

- Raccordez la sortie Fast1 de l'unité de commande au Canal 1 (déviation X) et la sortie Fast 2 au Canal 2 (déviation Y) de l'oscilloscope. (voir Fig. 4)
- Réglez la tension minimale à la sortie  $V_A$  de l'unité de commande sur environ 10 V et la tension maximale sur env. 35 V ; puis mesurez à l'aide d'un multimètre les tensions plus basses situées autour du facteur 1000 entre

la douille 3 et la masse et entre la douille 4 et la masse.

- Réglez une tension de chauffage de 3,5 V sur le bloc d'alimentation continue.

Réglages de l'oscilloscope :

Canal 1 : 50 mV/Div

Canal 2 : 0,2 V/Div

Base de temps : 5 ms

Déclencheur sur Canal 1

- Faites varier la tension de chauffage, les limites

maxi. et mini. de la tension d'accélération ainsi que les paramètres de l'oscilloscope jusqu'à obtention d'une courbe optimale.

- Pour enregistrer la courbe d'ionisation, inversez la polarité de la tension au collecteur.

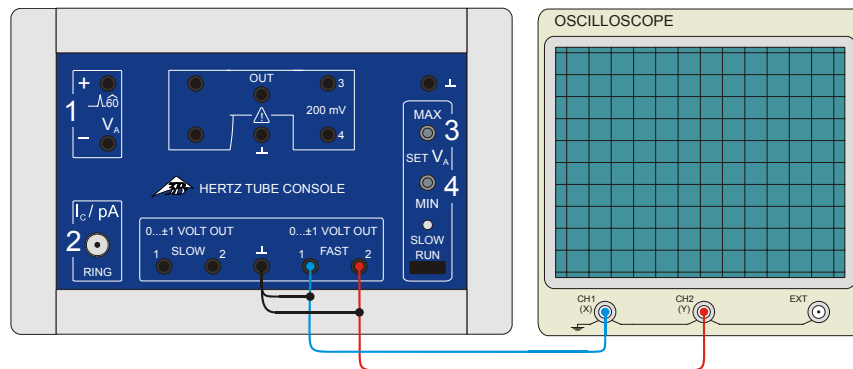


Fig. 4 Raccordement d'un oscilloscope à l'unité de commande pour tubes à potentiels critiques

### 7.3 Montage expérimental avec l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz

- Engagez le tube dans le support pour tube.

Raccordement de la tension de chauffage  $U_F$ :

- Reliez la douille F3 du support pour tube avec la douille F de l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz et la douille F4 avec la douille K de l'appareil. (voir Fig. 5)

Raccordement de la tension d'accélération  $U_A$ :

- Reliez la douille C5 du support pour tube avec la douille K de l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz et la douille A1 avec la douille A de l'appareil.

Le raccordement de la tension au collecteur  $U_R$  se fait dans l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz.

- Coiffez le tube de sa protection, poussez celle-ci avec son bord replié dans le logement du support de façon à ce que le tube soit entièrement dans la protection. Puis raccordez le tout à une douille de masse de l'unité de commande.
- Reliez le câble de raccordement de la bague collectrice à l'entrée BNC de l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz.

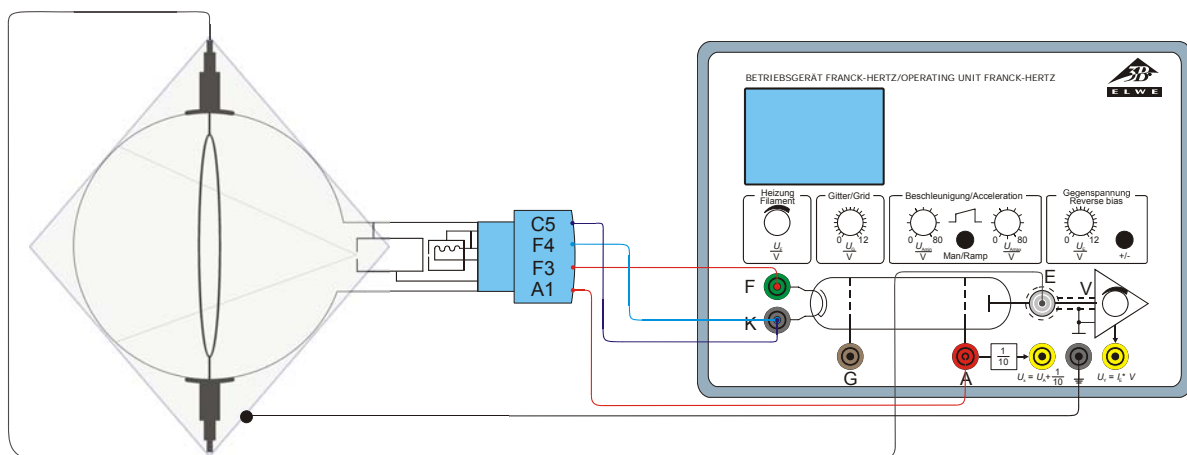


Fig. 5 Montage expérimental avec l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz

#### 7.3.1 Réalisation de l'expérience avec le 3B NET/og™.

- Branchez l'interface 3B NET/og™ sur l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz.

(voir Fig. 6) Puis reliez la sortie  $U_x$  de l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz à l'entrée A du 3B NET/og™ et la sortie  $U_y$  à l'entrée B.

- Sur l'appareil de Franck-Hertz, passez au mode Rampe et réglez une tension minimale d'env. 10 V et une tension maximale d'env. 35 V.
  - Réglez la tension de chauffage sur env. 3,5 V et la tension de la bague collectrice à env. -1,5 V.
  - Procédez aux réglages de l'interface 3B NETlog™ et du logiciel 3B NETlab™ puis
- à l'enregistrement des valeurs de mesures comme décrit au par. 7.2.1.
  - Faites varier la tension de chauffage, les valeurs plafond et seuil de la tension d'accélération, la tension au collecteur ainsi que l'amplification jusqu'à obtention d'une courbe optimale.
  - Pour enregistrer la courbe d'ionisation, inversez la polarité de la tension au collecteur.

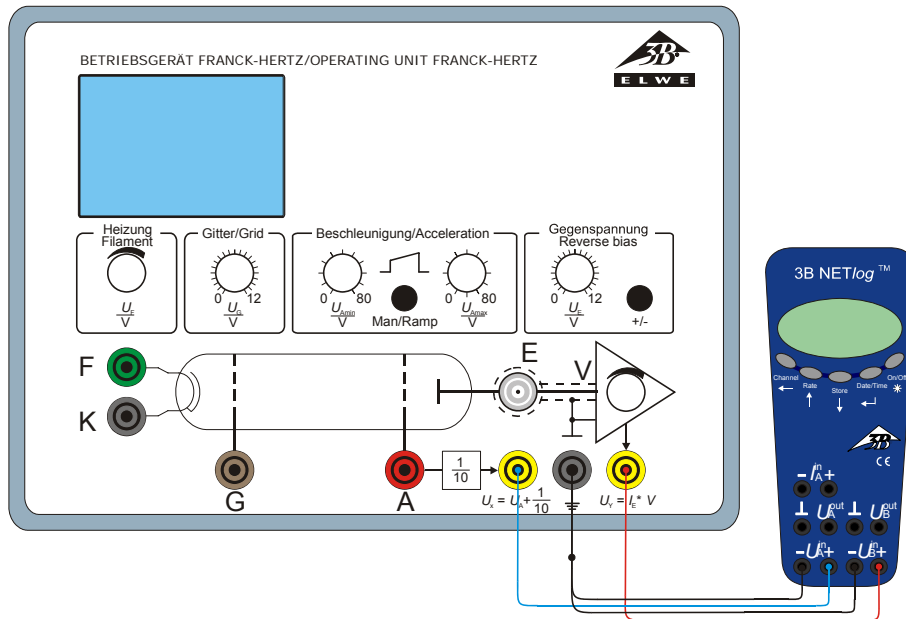


Fig. 6 Raccordement de l'interface 3B NETlog™ à l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz

### 7.3.2 Réalisation de l'expérience avec un oscilloscope

- Raccordez la sortie  $U_x$  de l'appareil pour l'expérience de Franck et Hertz au Canal 1 (déviations X) et la sortie  $U_y$  au Canal 2 (déviations Y) de l'oscilloscope. (voir Fig. 7)
- Sur l'appareil de Franck et Hertz, passez au mode Rampe et réglez une tension minimale d'env. 10 V et une tension maximale d'env. 35 V.
- Réglez la tension de chauffage sur env. 3,5 V et la tension au collecteur sur env. -1,5 V.

Réglages de l'oscilloscope :

Canal 1 : 50 mV/Div

Canal 2 : 0,2 V/Div

Base de temps : 5 ms

Déclencheur sur Canal 1

- Faites varier la tension de chauffage, les limites maxi. et mini. de la tension d'accélération, la tension au collecteur, l'amplification ainsi que les paramètres de l'oscilloscope jusqu'à obtention d'une courbe optimale.
- Pour enregistrer la courbe d'ionisation, inversez la polarité de la tension au collecteur.

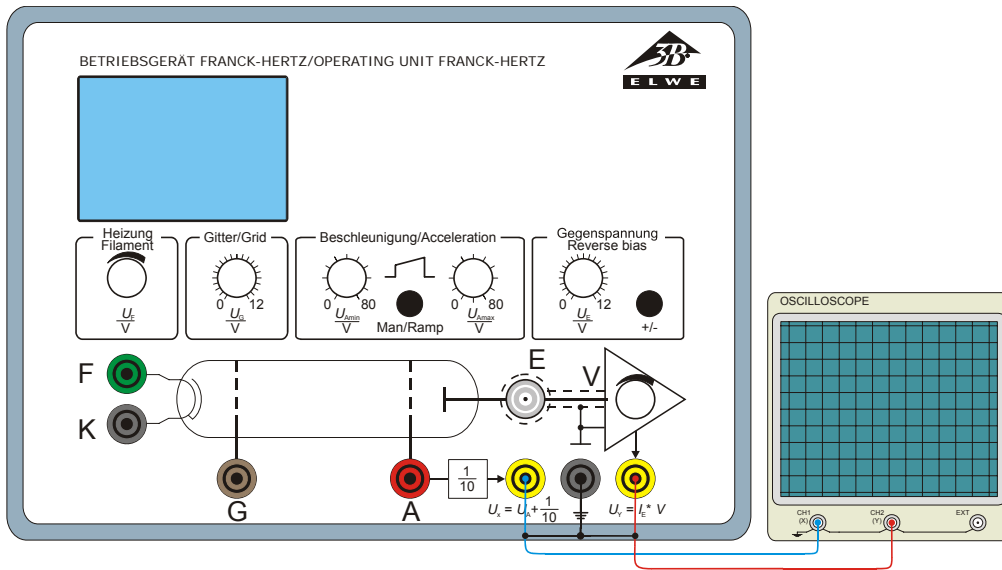


Fig. 7 Raccordement d'un oscilloscope à l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz

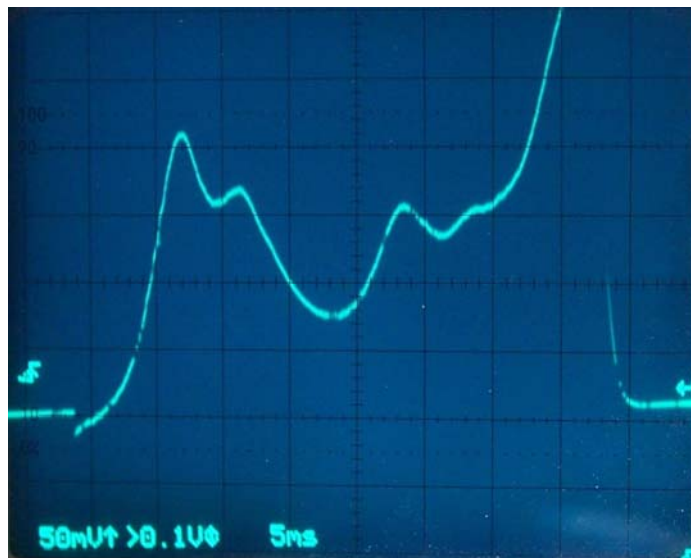


Fig.8 Exemple d'une courbe de mesure enregistrée avec l'appareil pour l'expérience de Franck-Hertz

### 7.3.3 Calibrage de la courbe de mesure

- Pour une tension de chauffage de 3,5 V et une tension de la bague collectrice de -1,5 V, réglez la valeur seuil de la tension d'accélération sur 0 V et la valeur plafond sur 60 V. Tournez le bouton de l'amplificateur au maximum.

L'écran de l'oscilloscope affiche alors une courbe de mesure sur laquelle on peut voir, à trois endroits différents, des structures faiblement développées. Les premières de ces structures sont celles qui nous intéressent. Pour mettre ces zones en évidence, procédez comme suit :

- Réduire la valeur plafond de la tension d'accélération à environ 35 V.

Vous obtenez alors une vue en zoom de la courbe de mesure et les structures deviennent plus visibles.

- Pour agrandir encore l'image de la courbe, il suffit d'augmenter l'amplification ou la tension de chauffage. Au besoin, adaptez les réglages de l'oscilloscope en conséquence.
- Augmentez la valeur seuil de la tension d'accélération (à env. 15 V) jusqu'à ce que le flanc de la courbe commence à décrire le premier pic. Si besoin, augmentez

l'amplification afin d'obtenir une meilleure représentation graphique des structures de la courbe.

- Réduire encore la valeur plafond de la tension d'accélération (à env. 20 V) jusqu'à ce que la courbe s'arrête, là où le processus d'ionisation commence.

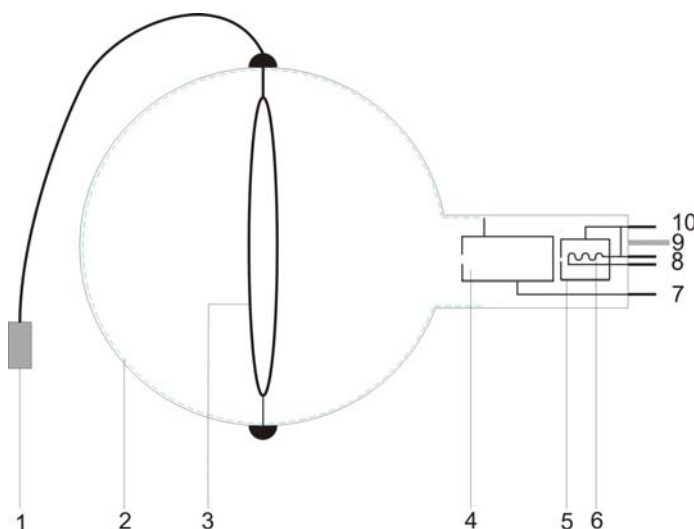
La zone de la courbe où se situent les potentiels critiques est à présent clairement délimitée sur l'écran de l'oscilloscope et les potentiels critiques peuvent être clairement identifiés.



## Tubo per potenziali critici S con pieno di He 1000620

### Istruzioni per l'uso

08/13 ALF



- 1 Jack BNC
- 2 Bulbo in vetro su potenziale anodico
- 3 Anello collettore
- 4 Anodo
- 5 Cannone elettronico
- 6 Spirale riscaldante
- 7 Contatto a spinotto anodo
- 8 Contatti a spinotto riscaldamento
- 9 Spinotto di guida
- 10 Contatto a spinotto catodo

### 1. Norme di sicurezza

I tubi catodici incandescenti sono bulbi in vetro a pareti sottili, sotto vuoto. Maneggiare con cura: rischio di implosione!

- Non esporre i tubi a sollecitazioni meccaniche.
- Non esporre i cavi di collegamento a sollecitazioni alla trazione.
- Il tubo può essere utilizzato esclusivamente con il supporto S (1014525).

Tensioni e correnti eccessive e temperature catodiche non idonee possono distruggere i tubi.

- Rispettare i parametri di funzionamento indicati.
- Eseguire i collegamenti soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.
- Montare e smontare il tubo soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.

Durante il funzionamento il collo del tubo si riscalda.

- Se necessario far raffreddare i tubi prima di smontarli.

Il rispetto della Direttiva CE per la compatibilità elettromagnetica è garantito solo con gli alimentatori consigliati.

### 2. Descrizione

Il tubo per potenziale critico S riempito con elio serve per l'analisi quantitativa dell'urto anelastico di elettroni con atomi di gas nobile, per la determinazione dell'energia di ionizzazione e delle energie di eccitazione dell'elio, la risoluzione di stati energetici di numeri quantici principali e di momento angolare orbitale diversi, nonché per la dimostrazione di stati metastabili.

Il tubo per potenziale critico dispone di un cannone elettronico con catodo incandescente al tungsteno riscaldato direttamente e anodo cilindrico in un'ampolla di vetro sotto vuoto riempita con elio. La parte interna dell'ampolla ha un rivestimento conduttivo ed è collegata all'anodo. L'anello collettore è sistemato all'interno dell'ampolla in maniera tale da non poter essere raggiunto direttamente dal fascio di elettroni divergente.

L'unità a batteria serve per fornire la tensione del collettore (forza controelettromotrice)  $U_R$  fra anodo e anello collettore.

### 3. Fornitura

- 1 Tubo per potenziali critici S con pieno di He
- 1 Unità a batteria (batteria non fornita)
- 1 Schermo
- 1 Istruzioni per l'uso

### 4. Dati tecnici

Gas:	Elio
Tensione di riscaldamento:	$U_F \leq 7 \text{ V CC}$
Tensione anodica:	$U_A \leq 60 \text{ V}$
Corrente anodica:	$I_A \leq 10 \text{ mA}$
Tensione del collettore:	$U_R = 1,5 \text{ V}$
Corrente del collettore:	$I_R \leq 200 \text{ pA}$
Ampolla:	ca. 130 mm $\varnothing$
Lunghezza totale:	ca. 260 mm

### 5. Dotazione supplementare necessaria

Per il funzionamento del tubo:

- 1 Portatubo S 1014525
- 1 Unità di comando per tubi per potenziali critici (115 V oppure 230 V) 1000633 / 1008506
- 1 Alimentatore CC, 0–20 V (115 V oppure 230 V) 1003311 / 1003312 oppure
- 1 Apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz (115 V oppure 230 V) 1012819 / 1012818

Per il rilevamento dei valori misurati:

- 1 Oscilloscopio analogico 2x30 MHz 1002727
- 2 Cavi ad alta frequenza, connettore 4 mm/BNC 1002748

oppure

- 1 3B NETlog™ (115 V oppure 230 V) 1000539 / 1000540
- 1 3B NETlab™ 1000544

- 1 Batteria AA 1,5 V
- 1 Set di 15 cavi di sicurezza per esperimenti 1002843

### 6. Utilizzo

#### 6.1 Inserimento del tubo nel portatubi

- Montare e smontare il tubo soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.
- Spingere il tubo nel supporto con una leggera pressione finché i contatti dello spinotto

non si trovano interamente nel supporto; rispettare una posizione univoca dello spinotto di guida.

#### 6.2 Rimozione del tubo dal portatubi

- Far raffreddare il tubo prima di smontarli.
- Per estrarre il tubo, premere dal di dietro sullo spinotto di guida, fino ad allentare gli spinotti di contatto. Quindi estrarre il tubo.

### 7. Esperimento di esempio

#### Determinazione dei potenziali critici dell'atomo di elio

##### 7.1 Indicazioni generali

La struttura sperimentale con il tubo per potenziale critico è molto sensibile alle fonti di disturbo elettromagnetiche (computer, tubi fluorescenti, ecc.).

- Scegliere una postazione per esperimenti evitando fonti di disturbo elettromagnetiche.

##### 7.2 Struttura sperimentale con unità di comando per tubi per potenziale critico

- Inserire il tubo nel portatubi.

Predisposizione della tensione di riscaldamento  $U_F$ :

- Collegare la presa F3 del portatubi al polo positivo dell'uscita dell'alimentatore CC e F4 al polo negativo. (Vedere Fig. 1)

Predisposizione della tensione di accelerazione  $U_A$ :

- Collegare la presa C5 del portatubi al polo negativo dell'uscita  $V_A$  dell'unità di comando e il polo negativo dell'alimentatore CC.
- Collegare la presa A1 con polo positivo dell'uscita  $V_A$  dell'unità di comando.

Predisposizione della tensione del collettore  $U_R$ :

- Collegare il polo positivo dell'uscita  $V_A$  dell'unità di comando con il polo negativo della batteria da 1,5 V.
- Collegare il polo positivo della batteria da 1,5 V a una presa di terra dell'unità di comando.
- Collocare la schermatura sul tubo e spingerla con il bordo scanalato nell'alloggiamento del portatubo in modo che il tubo si venga a trovare completamente all'interno della schermatura stessa. Collegare quindi a una presa di terra dell'unità di comando.
- Collegare il cavo di collegamento dell'anello collettore all'ingresso BNC dell'unità di comando.

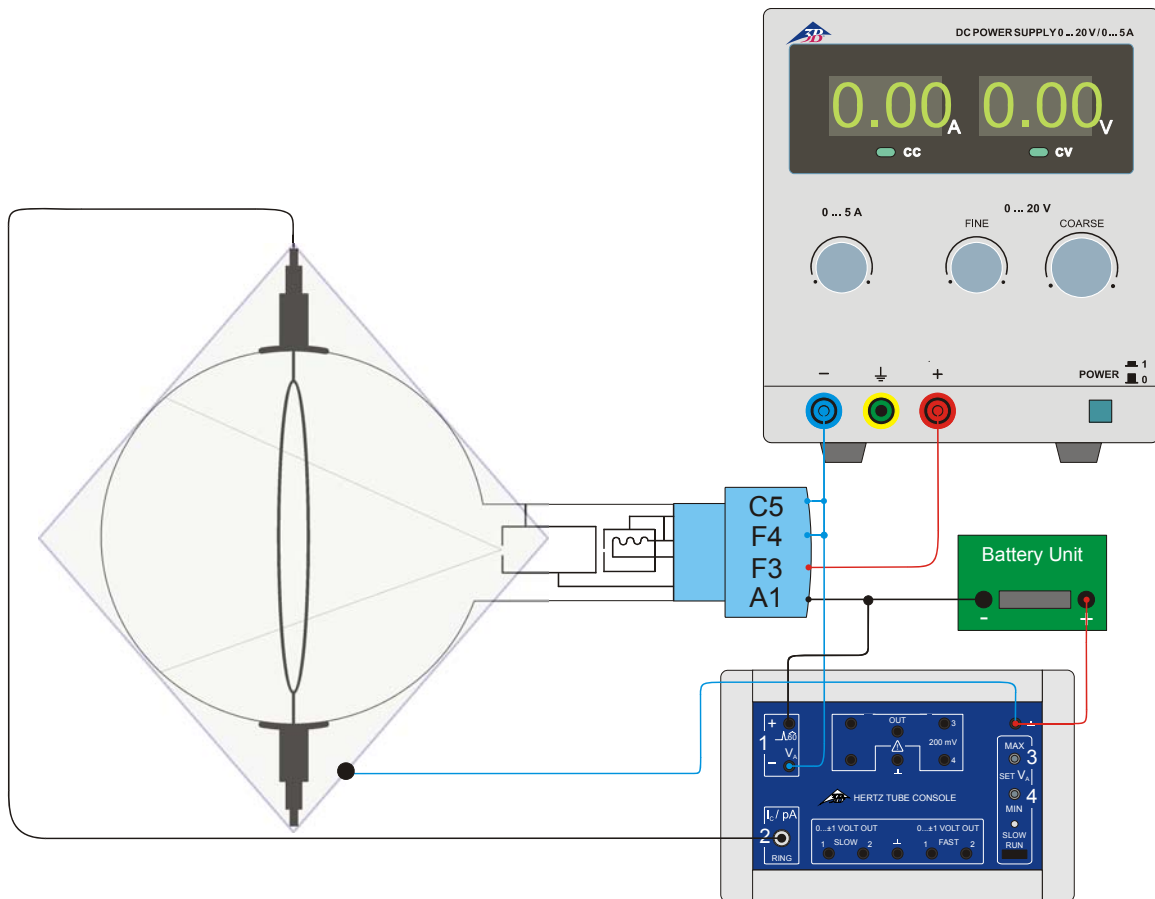


Fig. 1 Struttura sperimentale con unità di comando per tubi per potenziale critico

### 7.2.1 Esecuzione con 3B NETlog™

- Impostare la tensione minima all'uscita  $V_A$  dell'unità di comando a circa 10 V e la tensione massima a circa 35 V; a questo scopo, misurare con 3B NETlog™ le tensioni ridotte del fattore 1000 tra il jack 3 e la terra o tra il jack 4 e la terra. In alternativa, è possibile impostare le tensioni con l'ausilio di un multimetro.
- Collegare 3B NETlog™ al computer.
- Collegare l'uscita Fast1 dell'unità di comando all'ingresso A e l'uscita Fast2 all'ingresso B di 3B NETlog™. (Vedere Fig. 2)
- Accendere 3B NETlog™ e avviare il programma 3B NETlab™.
- Selezionare "Laboratorio di misurazione" e creare un nuovo record.
- Selezionare gli ingressi analogici A e B e impostare ogni volta nella modalità tensione continua (VDC) per A il range di misura 200 mV e per B il range di misura 2 V.
- Inserire la formula  $I = -667 * \text{"Input\_B"}$  (unità pA)
- Selezionare intervallo di misurazione = 50  $\mu$ s, tempo di misura = 0,05 s e modalità = standard.
- Attivare il trigger sull'ingresso A con fronte di salite (20%)
- Impostare sull'alimentatore CC una tensione di riscaldamento di 3,5 V.
- Avviare la registrazione dei valori di misura.
- Creare un diagramma, in cui l'asse X rappresenti il "tempo rel in s" e l'asse Y la grandezza  $I$ .
- Ripetere le misure con tensioni di riscaldamento leggermente superiori e variare le tensioni di accelerazione  $U_A$  minime e massime per trovare il grafico ottimale.
- Individuare il picco  $2^3S$  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 e determinare la sua posizione  $t_2$  sull'asse del tempo
- Inserire la nuova formula con il nome E e la definizione  $19,8 + 4,8 * (t - t_1) / (t_2 - t_1)$  (unità eV); in questo caso per  $t_1$  e  $t_2$  inserire i valori numerici riscontrati in s.
- Creare un diagramma, in cui l'asse X rappresenti la grandezza E e l'asse Y la grandezza  $I$ . (Vedere Fig. 3).

- Per la registrazione della curva di ionizzazione, invertire la polarità della tensione del collettore.

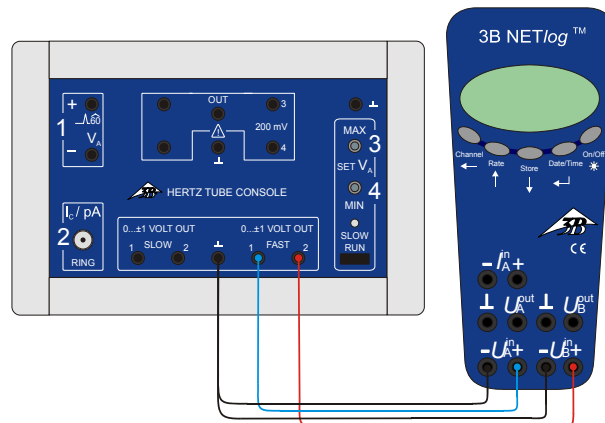


Fig. 2 Collegamento del 3B NETlog™ al dispositivo di comando per tubi per potenziale critico

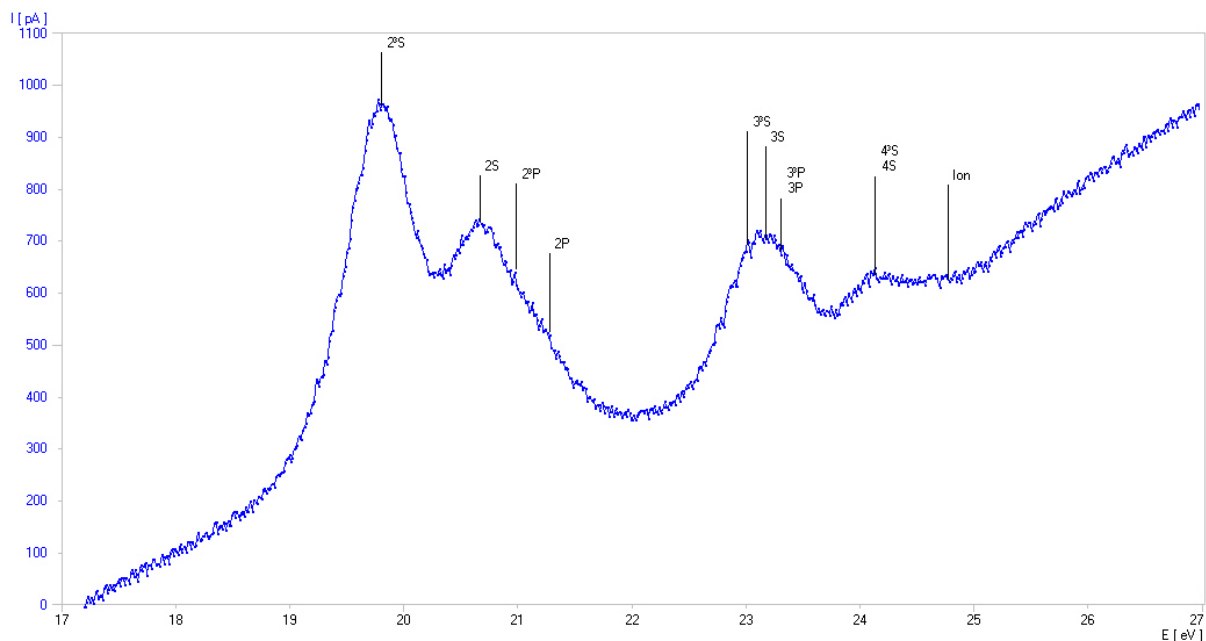


Fig. 3: Determinazione dei potenziali critici dell'atomo di elio (curva di misurazione registrata con 3B NETlog™)

### 7.2.2 Esecuzione con un oscilloscopio

- Collegare l'uscita Fast1 dell'unità di comando al Canale 1 (deviazione X) e l'uscita Fast 2 al Canale 2 (deviazione Y) dell'oscilloscopio. (Vedere Fig. 4)
- Impostare la tensione minima all'uscita  $V_A$  dell'unità di comando a circa 10 V e la tensione massima a circa 35 V; a questo scopo, misurare con un multimetro le tensioni ridotte del fattore 1000 tra la presa 3 e la terra o tra la presa 4 e la terra.
- Impostare sull'alimentatore CC una tensione di riscaldamento di 3,5 V.

Impostazioni oscilloscopio:

Canale 1: 50 mV/Div

Canale 2: 0,2 V/Div

Time base: 5 ms

Attivazione su Canale 1

- Variare la tensione di riscaldamento, il limite inferiore e superiore della tensione di accelerazione nonché i parametri dell'oscilloscopio fino a ottenere una curva ottimale.
- Per la registrazione della curva di ionizzazione, invertire la polarità della tensione del collettore.

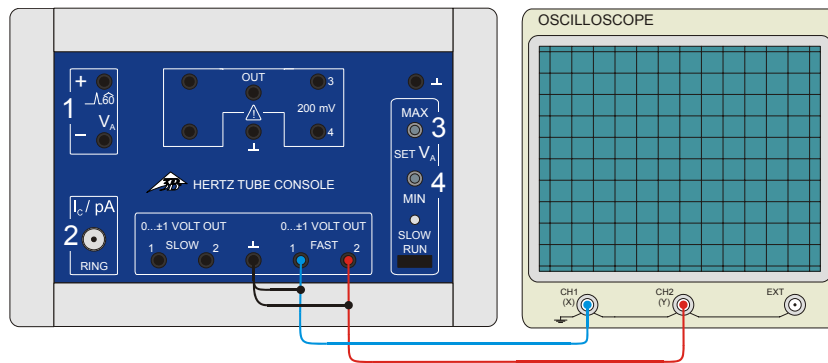


Fig. 4 Collegamento di un oscilloscopio al dispositivo di comando per tubi per potenziale critico

### 7.3 Struttura sperimentale con apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz

- Inserire il tubo nel portatubi.

Predisposizione della tensione di riscaldamento  $U_F$ :

- Collegare la presa F3 del portatubi con la presa F dell'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz e poi la presa F4 con la presa K. (Vedere Fig. 5)

Predisposizione della tensione di accelerazione  $U_A$ :

- Collegare la presa C5 del portatubi con la presa K dell'apparecchio e la presa A1 con la presa A.

La predisposizione della tensione del collettore  $U_R$  avviene internamente all'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz.

- Collocare la schermatura sul tubo e spingerla con il bordo scanalato nell'alloggiamento del portatubo in modo che il tubo si venga a trovare completamente all'interno della schermatura stessa. Collegare quindi a una presa di terra dell'unità di comando.
- Collegare il cavo di collegamento dell'anello collettore all'ingresso BNC dell'apparecchio.

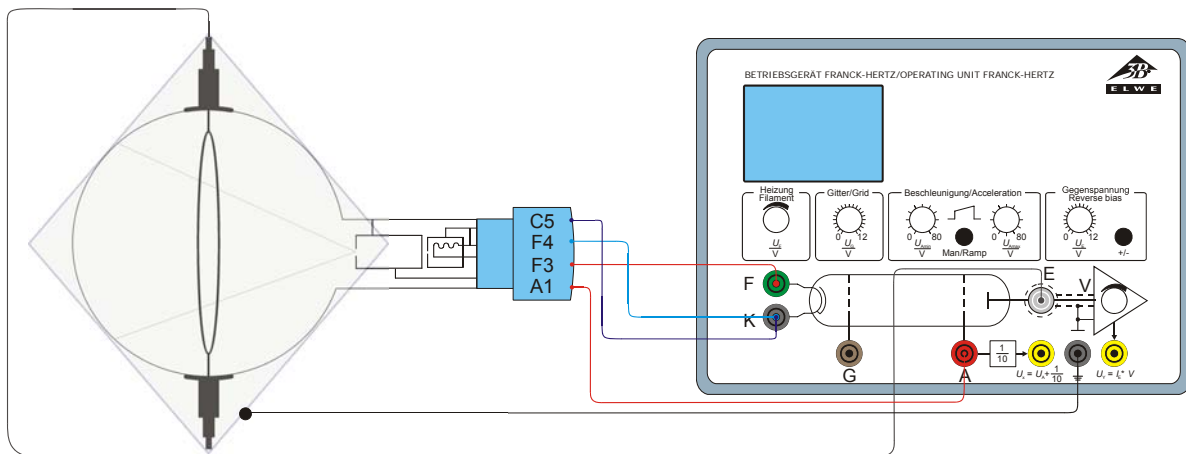


Fig. 5 Struttura sperimentale con apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz

#### 7.3.1 Esecuzione con 3B NET/og<sup>TM</sup>

- Collegare il 3B NET/og<sup>TM</sup> all'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz. (Vedere Fig. 6). A tale scopo, collegare l'uscita  $U_x$  dell'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz all'ingresso A e l'uscita  $U_y$  all'ingresso B del 3B NET/og<sup>TM</sup>.
- Impostare sull'apparecchio in modalità Rampa una tensione minima pari a circa 10 V e una tensione massima di 35 V.
- Selezionare una tensione di riscaldamento pari a circa 3,5 V e una tensione del collettore pari a circa 1,5 V.

- Eseguire le impostazioni sull'interfaccia del 3B NET/og<sup>TM</sup>, il software 3B NET/ab<sup>TM</sup> e la registrazione dei valori misurati come descritto al Punto 7.2.1.
- Variare la tensione di riscaldamento, il limite inferiore e superiore della tensione di accelerazione, la tensione del collettore nonché l'amplificazione fino a ottenere una curva ottimale.
- Per la registrazione della curva di ionizzazione, invertire la polarità della tensione del collettore.

### 7.3.2 Esecuzione con un oscilloscopio

- Collegare l'uscita  $U_x$  dell'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz al Canale 1 (deviazione X) e l'uscita  $U_y$  al Canale 2 (deviazione Y) dell'oscilloscopio. (vedere Fig. 7)
- Impostare sull'apparecchio in modalità Rampa una tensione minima pari a circa 10 V e una tensione massima di 35 V.
- Selezionare una tensione di riscaldamento pari a circa 3,5 V e una tensione del collettore pari a circa 1,5 V.

- Variare la tensione di riscaldamento, il limite inferiore e superiore della tensione di accelerazione, la tensione del collettore, l'amplificazione nonché i parametri dell'oscilloscopio fino a ottenere una curva ottimale.
- Per la registrazione della curva di ionizzazione, invertire la polarità della tensione del collettore.

Impostazioni oscilloscopio:

Canale 1: 50 mV/Div

Canale 2: 0,2 V/Div

Time base: 5 ms

Attivazione su Canale 1

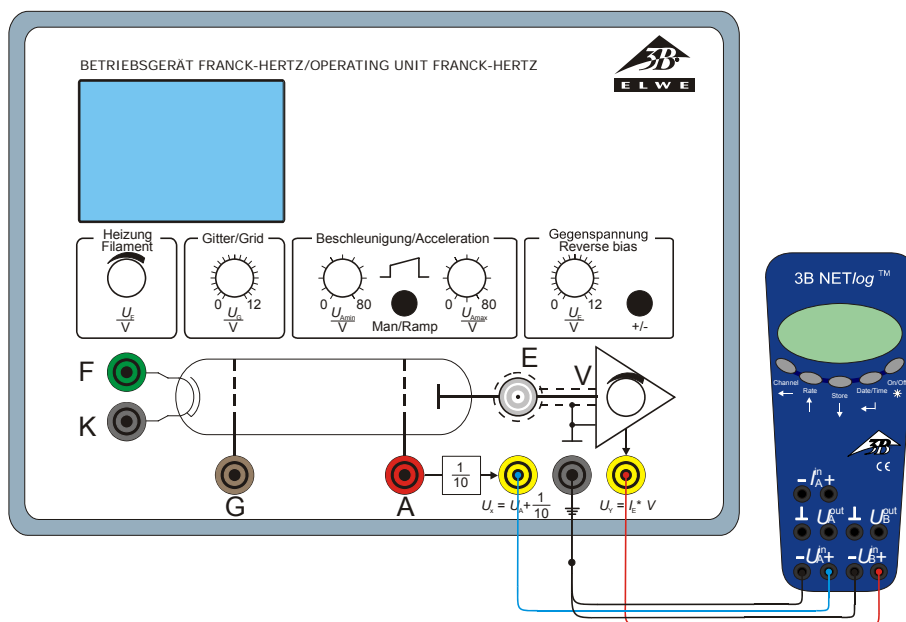


Fig. 6 Anschluss des 3B NET/log™ an das Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

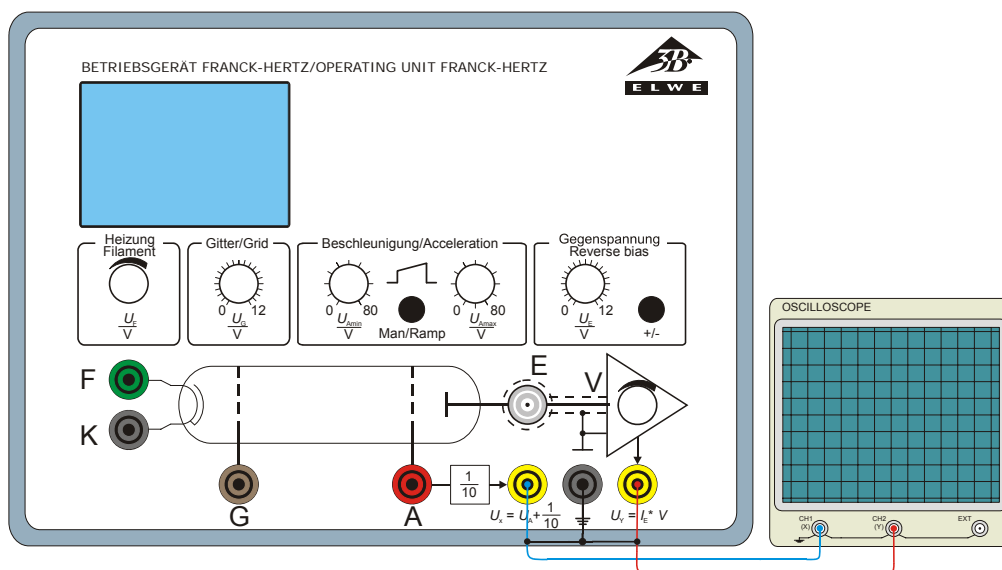


Fig. 7 Collegamento di un oscilloscopio all'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz

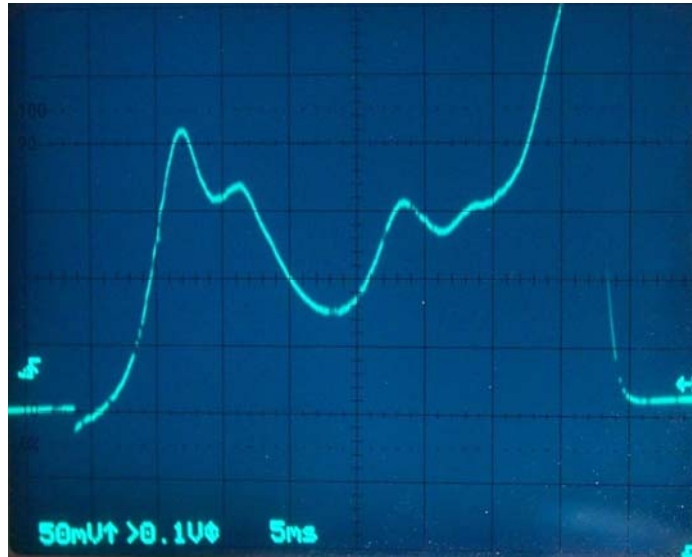


Fig.8 Esempio di una curva di misurazione registrata con l'apparecchio per l'esperimento di Franck-Hertz

### 7.3.3 Calibrazione della curva di misurazione

- Con una tensione di riscaldamento di 3,5 V e una tensione del collettore pari a -1,5 V, impostare il limite inferiore della tensione di accelerazione a 0 V e quello superiore a 60 V. Alzare l'amplificazione.

Sullo schermo dell'oscilloscopio compare una curva di misurazione su cui è possibile individuare in tre posizioni strutture appena accennate. Ciò che interessa sono le prime strutture. Per evidenziare quest'area procedere come segue.

- Ridurre il limite superiore della tensione di accelerazione a circa 35 V.

In questo modo si ottiene una sorta di zoom sulla curva di misurazione e le strutture diventano più nette.

- Per aumentare ulteriormente le dimensioni della curva di misurazione, alzare l'amplificazione o la tensione di riscaldamento. All'occorrenza, adattare anche le impostazioni dell'oscilloscopio.
- Aumentare il limite inferiore della tensione di accelerazione (a circa 15 V) fino a quando la curva di misurazione inizia il fronte verso il primo picco. All'occorrenza, alzare l'amplificazione per rappresentare meglio le strutture.

- Ridurre ulteriormente il limite superiore della tensione di accelerazione (a circa 20 V) fino a quando la curva di misurazione finisce nel punto in cui inizia la ionizzazione.

L'area della curva di misurazione in cui si trovano i potenziali critici è ora rappresentata con limiti chiaramente definiti sullo schermo dell'oscilloscopio ed è così possibile identificare i potenziali critici in maniera univoca.

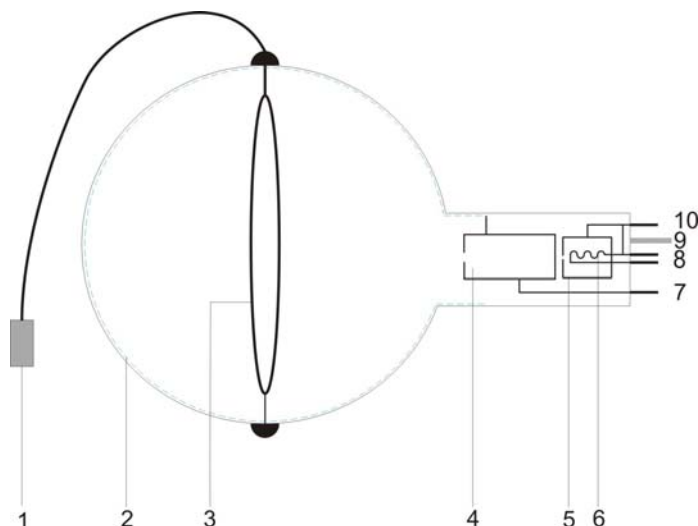




## Tubo del potenciales críticos S, llenado de helio 1000620

### Instrucciones de manejo

08/13 ALF



- 1 Clavijero BNC
- 2 Recubrimiento del vidrio a potencial de ánodo
- 3 Anillo colector
- 4 Anodo
- 5 Cañon de electrones
- 6 Espiral de calefacción
- 7 Contacto en espiga Ánodo
- 8 Contacto en espiga Calefacción
- 9 Clavija guía
- 10 Contacto en espiga Cátodo

### 1. Advertencias de seguridad

Los tubos catódicos incandescentes son ampollas de vidrio, al vacío y de paredes finas. Manipular con cuidado: ¡riesgo de implosión!

- No someter los tubos a ningún tipo de esfuerzos físicos.
- No someter a tracción el cables de conexión.
- El tubo se debe insertar únicamente en el soporte para tubos S (1014525).

Las tensiones excesivamente altas y las corrientes o temperaturas de cátodo erróneas pueden conducir a la destrucción de los tubos.

- Respetar los parámetros operacionales indicados.
- Solamente efectuar las conexiones de los circuitos con los dispositivos de alimentación eléctrica desconectados.
- Los tubos solo se pueden montar o desmontar con los dispositivos de alimentación eléctrica desconectados.

Durante el funcionamiento, el cuello del tubo se calienta.

- De ser necesario, permita que los tubos se enfríen antes de desmontarlos.

El cumplimiento con las directrices referentes a la conformidad electromagnética de la UE se puede garantizar sólo con las fuentes de alimentación recomendadas.

### 2. Descripción

El tubo de potenciales críticos S con llenado de He sirve para el estudio cuantitativo de choques inelásticos de electrones con átomos de gases nobles, para la determinación de la energía de ionización así como de las energías de excitación del helio, para resolver estados energéticos de números cuánticos principales y orbitales angulares así como la comprobación de estados metaestables.

El tubo de potenciales críticos lleva un cañón de electrones con cátodo incandescente de tungsteno de calentamiento directo, un ánodo de forma cilíndrica, todo en una ampolla de vidrio evacuada y llena de gas de helio. El lado interno de la ampolla de vidrio está conectado galvánicamente con el ánodo. El anillo colector está colocado en la parte interna de la ampolla de vidrio de tal forma que el haz divergente de electrones no lo puede alcanzar directamente.

El módulo de batería sirve para poner a disposición la tensión de colector (Tensión de frenado)  $U_R$  entre el ánodo y el anillo colector.

### 3. Volumen de suministro

- 1 tubo de potenciales críticos S, llenado de He
- 1 unidad para pila (pila no se entrega)
- 1 apantallamiento
- 1 Instrucciones de manejo

### 4. Datos técnicos

Llenado de gas:	Helio
Tensión de caldeo:	$U_F \leq 7 \text{ V CC}$
Tensión anódica:	$U_A \leq 60 \text{ V}$
Corriente anódica:	$I_A \leq 10 \text{ mA}$
Tensión del colector:	$U_R = 1,5 \text{ V}$
Corriente del colector:	$I_R \leq 200 \text{ pA}$
Ampolla de vidrio:	aprox. 130 mm $\varnothing$
Longitud total:	aprox. 260 mm

### 5. Adicionalmente se requiere

Para el funcionamiento del tubo:

- 1 Soporte de tubos S 1014525
- 1 Unidad de control p.tubos del potenciales críticos (115 V ó 230 V) 1000633 / 1008506
- 1 Fuente de alimentación CC, 0–20 V (115 V ó 230 V) 1003311 / 1003312  
ó
- 1 Equipo p. la ejecución del experimento de Franck/Hertz (115 V ó 230 V) 1012819 / 1012818

Para registrar los valores de medida:

- 1 Osciloscopio analógico 2x30 MHz 1002727
- 2 Cables HF, conector macho BNC / 4 mm 1002748  
ó
- 1 3B NETlog™ (115 V ó 230 V) 1000539 / 1000540
- 1 3B NETlab™ 1000544
- 1 Pila AA 1,5 V
- 1 Juego de 15 cables de experimentación de seguridad 1002843

### 6. Manejo

#### 6.1 Colocación del tubo en el portatubo

- Montar y desmontar el tubo solamente con los dispositivos de alimentación eléctrica desconectados.
- Introducir el tubo en la toma hembra del portatubos presionando ligeramente hasta que las clavijas de contacto estén colocadas

correctamente en la toma, asegurándose de que la clavija-guía está en la posición correcta.

#### 6.2 Retirada del tubo del portatubos

- Permita que el tubo se enfríen antes de desmontarlos.
- Para retirar el tubo, presionar desde atrás la clavija-guía, hasta que las clavijas de contacto queden libres. A continuación, retirar el tubo.

### 7. Ejemplos de experimentos

#### Determinación de los potenciales críticos del átomo de He

##### 7.1 Observaciones generales

El montaje experimental con el tubo de potenciales críticos es muy sensible a fuentes de distorsión electromagnéticas (Computador, lámparas fluorescentes etc.)

- El sitio de experimentación se elige de tal forma que se puedan evitar estas fuentes de radiaciones distorsionantes.

##### 7.2 Montaje experimental con la unidad de control para los tubos de potenciales críticos

- Se desliza el tubo en el soporte para tubo.

Puesta a disposición de la tensión de caldeo  $U_F$ :

- Los casquillos F3 del soporte del tubo se conectan con el polo positivo de la salida de la fuente de alimentación CC y F4 con el polo negativo. (ver Fig. 1)

Puesta a disposición de la tensión de aceleración  $U_A$ :

- Se conecta el casquillo A1 del soporte del tubo con el polo positivo de la salida  $V_A$  de la unidad de control.
- El casquillo C5 del soporte del tubo se conecta con el polo negativo de la salida  $V_A$  de la unidad de control y con el polo negativo de la fuente de alimentación CC.
- El casquillo A1 se conecta con el polo positivo de la salida  $V_A$  de la unidad de control.

Puesta a disposición de la tensión de colector  $U_R$ :

- Se conecta el polo positivo de la salida  $V_A$  de la unidad de control con el polo negativo de la batería de 1,5 V.
- El polo positivo de la batería de 1,5 V se conecta con el casquillo de masa de la unidad de control.
- El apantallamiento se coloca por encima del tubo y con el borde del pliegue se desliza en el alojamiento del soporte de tubo, de tal forma que el tubo se encuentre totalmente dentro del

apantallamiento. Luego se conecta con uno de los casquillos de puesta a tierra de la unidad de control.

- Se conecta el cable de conexión del anillo colector en la entrada de BNC de la unidad de control.

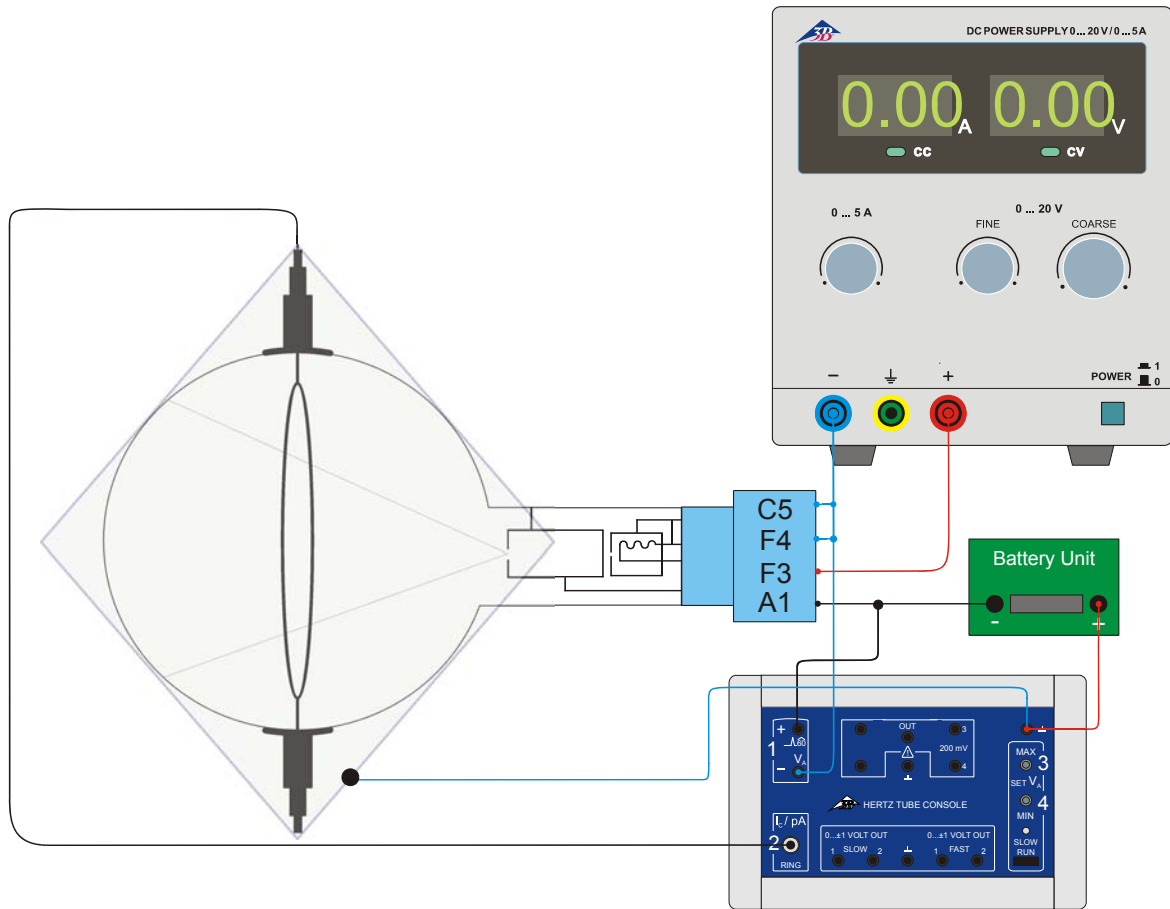


Fig. 1 Montaje experimental con la unidad de control para tubos de potenciales críticos

### 7.2.1 Realización con el 3B NET/log™

- La tensión mínima en la salida  $V_A$  de la unidad de control se fija en aprox. 10 V y la máxima en aprox. 35 V, para ello se miden con el 3B NET/log™ las tensiones más bajas, reducidas en un factor 1000, entre el casquillo 3 y masa resp. entre el casquillo 4 y masa. Alternativamente, se pueden ajustar las tensiones utilizando un multímetro.
- Se conecta el 3B NET/log™ al computador.
- Se conecta la salida Fast 1 de la unidad de control en el entrada A, y resp. la salida Fast 2 en la entrada B de la 3B NET/log™. (ver Fig. 2)
- Se conecta el 3B NET/log™ y se inicia el programa de computador 3B NET/lab™.
- Se selecciona "Laboratorio de medición" y se establece un nuevo juego de datos.
- Se seleccionan las entradas analógicas A y B, ambas en el modo de tensión continua

(VDC); para A el alcance de medida 200 mV, para B 2 V.

- Se anota Fórmula  $I = -667 * \text{"Input\_B"}$  (Unidad pA).
- Se elige: Intervalo de medida = 50  $\mu$ s, Tiempo de medida = 0,05 s y modo = estándar.
- Se activa el disparo en la entrada A con flanco de subida (20%)
- En la fuente de alimentación de CC se ajusta una tensión de caldeo de 3,5 V.
- Iniciar el registro de los valores de medida
- Se crea un diagrama teniendo en el eje-X "Tiempo rel. en <s>" y en el eje-Y la magnitud " $I$ ".
- Se registran nuevamente una y otra vez los valores de medida, aumentando un poco la tensión de caldeo y variando los valores máximo y mínimo de la tensión de

aceleración  $U_A$ , para optimizar la curva de medida.

- 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 y se determina su posición  $t_2$  en el eje de tiempos
- Se anota una nueva fórmula con el nombre E y la definición  $19,8 + 4,8 * (t - t_1) / (t_2 - t_1)$

(Unidad eV); tomando para  $t_1$  y  $t_2$  los valores numerales encontrados en [s].

- Se crea un diagrama teniendo en el eje-X la magnitud  $E$  y en el eje-Y la magnitud  $I$ . (ver Fig. 3).
- Para el registro de la curva de ionización se invierte la polaridad de la tensión de colector.

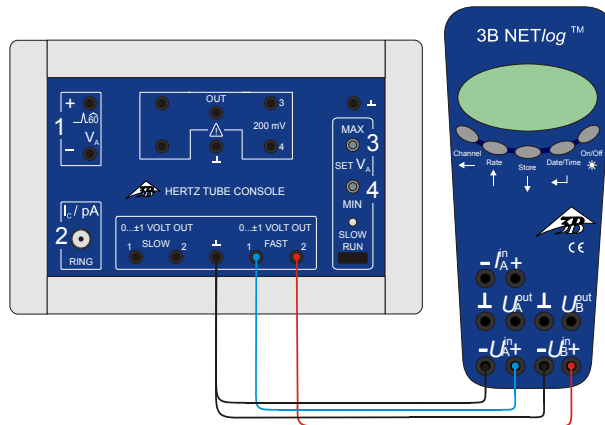


Fig. 2 Conexión del 3B NETlog™ en la unidad de control para tubos de potenciales críticos

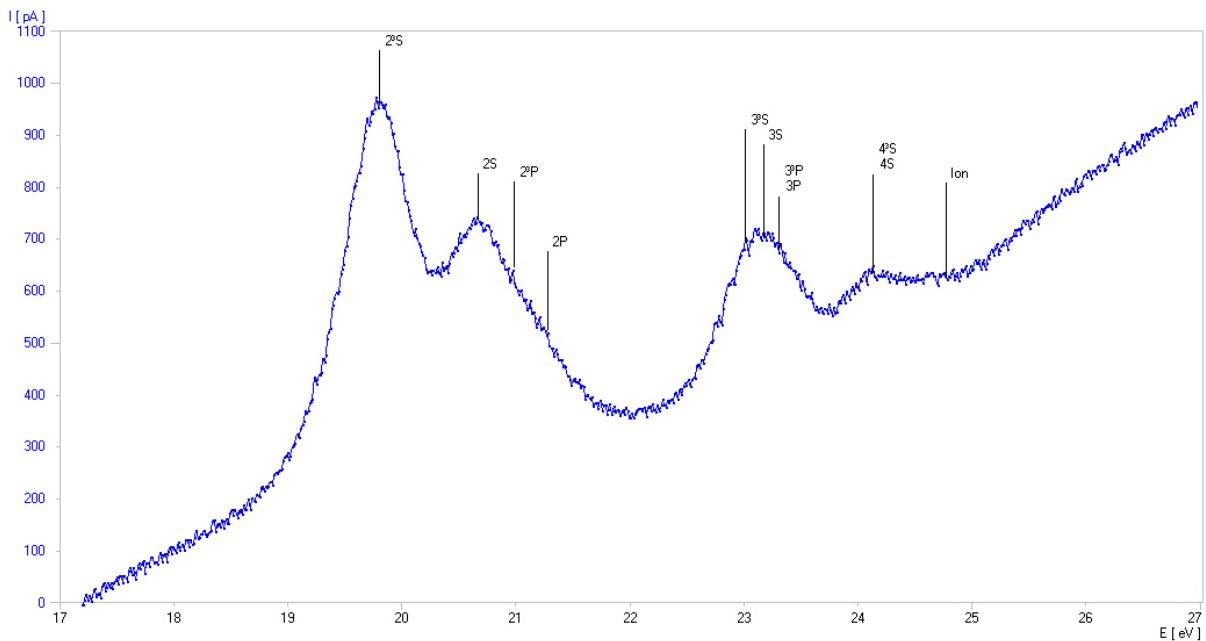


Fig. 3: Determinación de los potenciales críticos del átomo de He (Curva de medida registrada con el 3B NETlog™)

### 7.2.2 Realización con un osciloscopio

- Se conectan, la salida Fast1 de la unidad de control en el canal 1 (desviación – x) y la salida Fast2 en el canal 2 (desviación – y) del osciloscopio (ver Fig. 4)
- Se ajusta la tensión mínima en aprox. 10 V la salida  $V_A$  de la unidad de control y la tensión máxima en aprox. 35 V; para ello se miden con un multímetro tensiones menores con un factor 1000 entre el casquillo 3 y masa resp. entre el casquillo 4 y masa.

- En la fuente de alimentación de CC se ajusta una tensión de caldeo de 3,5 V.

Ajustes en el osciloscopio:

Canal 1: 50 mV/Div

Canal 2: 0,2 V/Div

Base de tiempos: 5 ms

Disparo: en el canal 1

- Se varían, la tensión de caldeo, los límites inferior y superior de la tensión de

aceleración así como los parámetros del osciloscopio, hasta que aparezca en pantalla una curva óptima.

- Para el registro de la curva de ionización se invierte la polaridad de la tensión de colector.

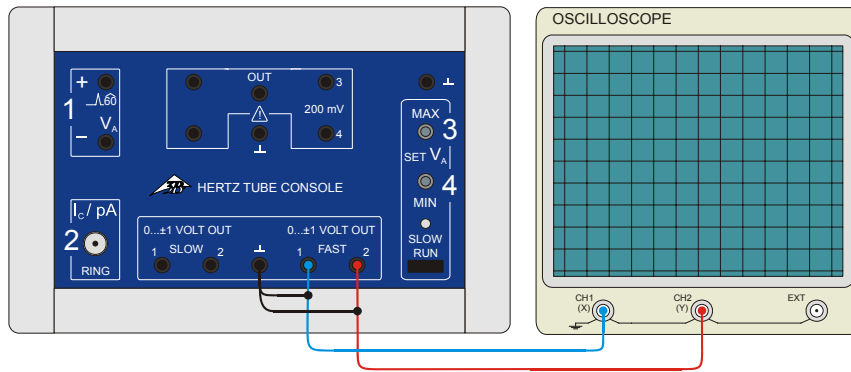


Fig. 4 Conexión de un osciloscopio en la unidad de control para tubos de potenciales críticos

### 7.3 Montaje experimental con el aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz

- Se desliza el tubo en el soporte para tubo.

Puesta a disposición de la tensión de caldeo  $U_f$ :

- Se conecta el casquillo F3 del soporte de tubo con el casquillo F en el aparato de operación del experimento de Franck-Hertz y el casquillo F4 con el casquillo K (ver Fig. 5).

Puesta a disposición de la tensión de aceleración  $U_A$ :

- Se conecta el casquillo C5 del soporte de tubo con el casquillo K en el aparato de operación y el casquillo A1 con el casquillo A.

La puesta a disposición de la tensión de colector  $U_R$  se realiza internamente en el aparato de operación del experimento de Franck-Hertz.

- El apantallamiento se coloca por encima del tubo y con el borde del pliegue se desliza en el alojamiento del soporte de tubo, de tal forma que el tubo se encuentre totalmente dentro del apantallamiento. Luego se conecta con uno de los casquillos de puesta a tierra de la unidad de control.
- El cable de conexión del anillo colector se conecta en la entrada BNC del aparato de operación de Franck-Hertz.

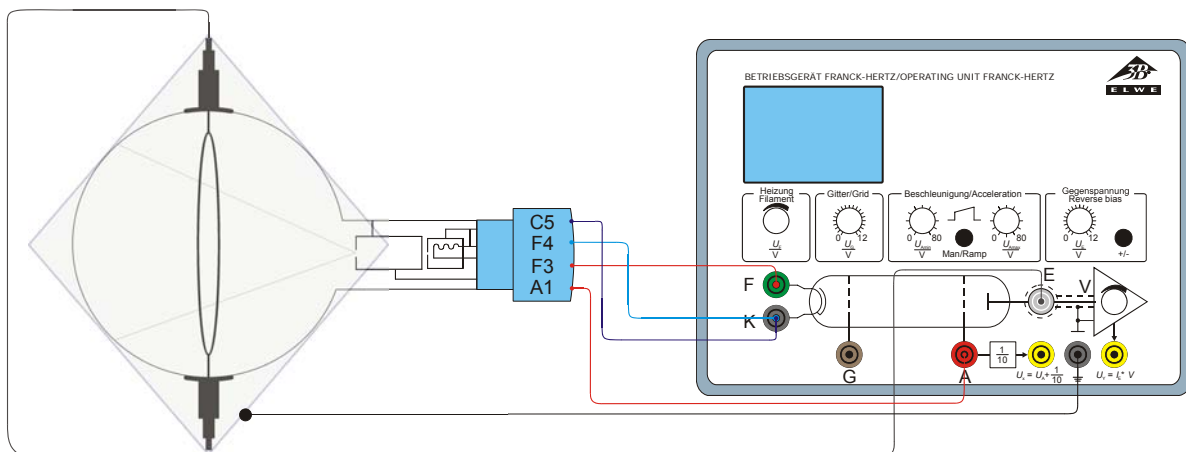


Fig. 5 Montaje de experimentación con el aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz

### 7.3.1 Realización con el 3B NET/log™

- Se conecta el 3B NET/log™ al aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz (ver Fig. 6). Para ello, la salida Ux del aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz se conecta en la entrada A y la salida Uy en la entrada B del 3B NET/log™.
- Estando el aparato de operación en el modo de rampa, se ajusta una tensión mínima de 10 V y una tensión máxima de 35 V.
- Se elige una tensión de caldeo de aprox. 3,5 V y una tensión de colector de aprox. -1,5 V.
- Se realizan los ajustes en la interface 3B NET/log™ así como en el programa de computador 3B NET/lab™ y se procede con el registro de los valores de medida como se describe en el punto 7.2.1.
- Se varían, la tensión de caldeo, el límite inferior y el superior de la tensión de aceleración, de la tensión de colector así como la amplificación hasta que aparezca una curva óptima en pantalla.
- Para el registro de la curva de ionización se invierte la polaridad de la tensión de colector.

### 7.3.2 Realización con un osciloscopio

- Se conecta la salida Ux del aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz en el canal 1 (desviación  $-x$ ) y la salida Uy en el canal 2 (desviación  $-y$ ) del osciloscopio (ver Fig. 7).
- Estando el aparato de operación en el modo de rampa, se ajusta una tensión mínima de 10 V y una tensión máxima de 35 V.
- Se elige una tensión de caldeo de aprox. 3,5 V y una tensión de colector de aprox. -1,5 V.

Ajustes del osciloscopio:

Canal 1: 50 mV/Div

Canal 2: 0,2 V/Div

Cabe de tiempos: 5 ms

Disparo: en el canal 1

- Se varían, la tensión de caldeo, los límites inferior y superior de la tensión de aceleración, la tensión de colector, la amplificación así como los parámetros del osciloscopio hasta obtener en pantalla una curva óptima.
- Para el registro de la curva de ionización se invierte la polaridad de la tensión de colector.

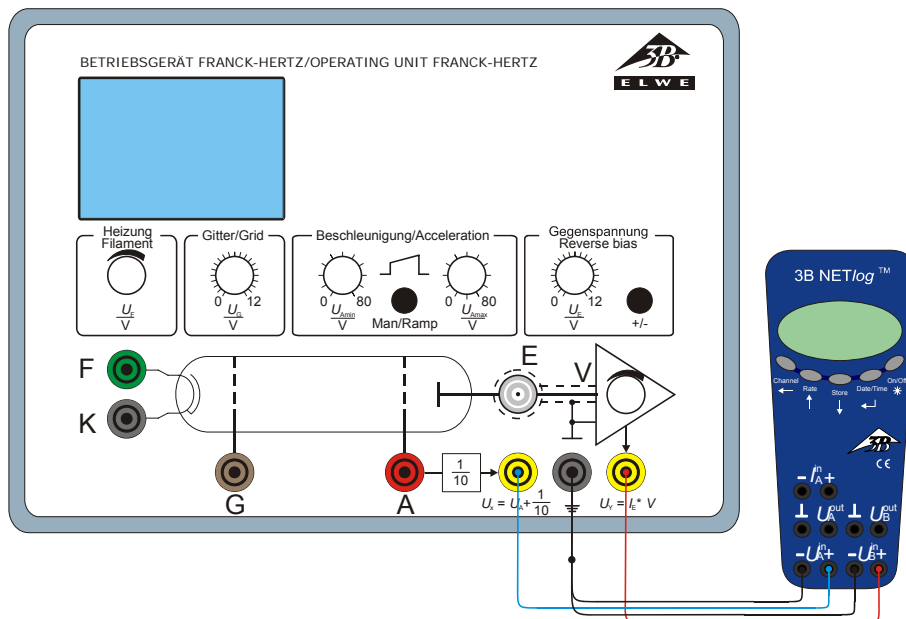


Fig. 6 Conexión del 3B NET/log™ en el aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz

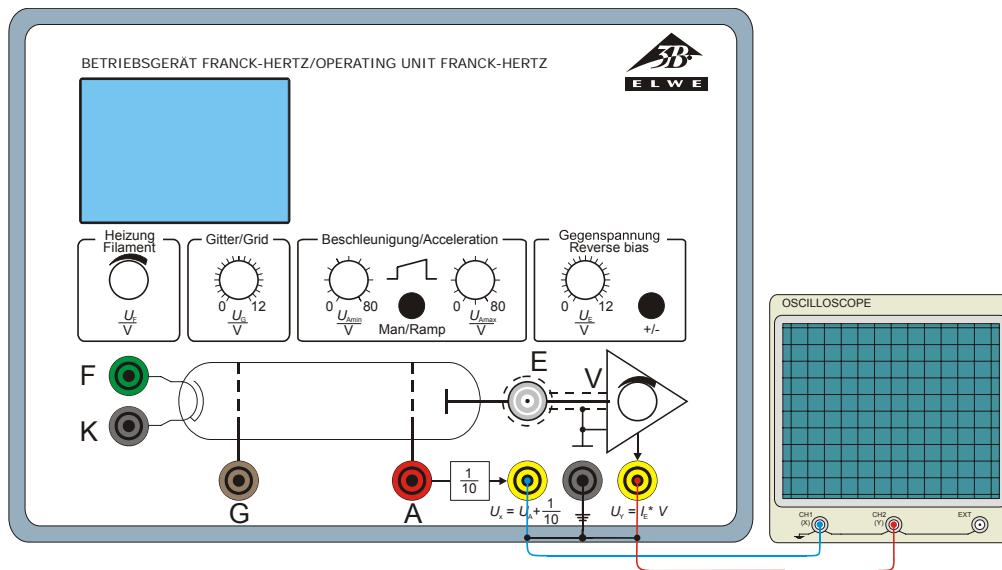


Fig. 7 Conexión de un osciloscopio en el aparato de operación para el experimento de Franck-Hertz

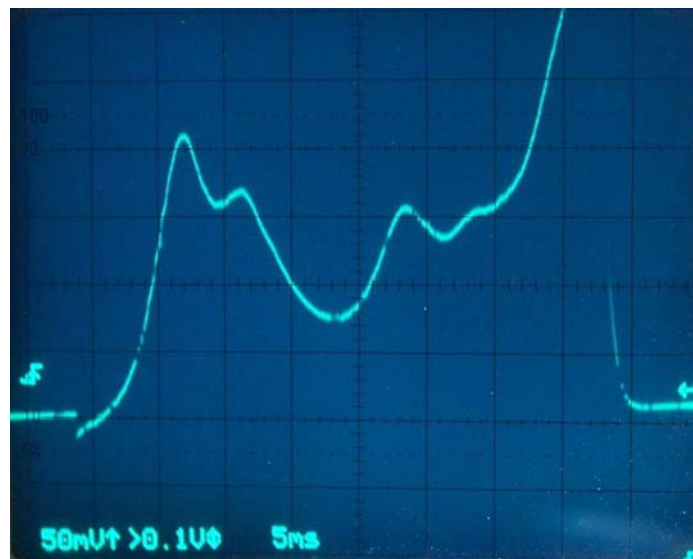


Fig.8 Ejemplo de una curva de medida registrada con el aparato de operación del experimento de Franck-Hertz

### 7.3.3 Calibración de la curva de medida

- Con una tensión de caldeo de 3,5 V y una tensión de colector de -1,5 V, se ajustan, el límite inferior de la tensión de aceleración en 0 V y el límite superior en 60 V. La amplificación se aumenta al máximo.

En la pantalla del osciloscopio aparece una curva de medida, en la cual, en tres posiciones, se puede observar una leve estructura. De ellas, en este caso, son de interés las primeras estructuras. Para acentuar este rango se procede de la siguiente forma:

- El límite superior de la tensión de aceleración se reduce a 35 V.

En esta forma se reduce el zoom de la curva de medida y las estructuras se observan con más nitidez.

- Para proyectar más grande la curva de medida, se aumenta la amplificación o se aumenta la tensión de caldeo. En caso dado se ajustan los parámetros del osciloscopio.
- Se aumenta el límite inferior de la tensión de aceleración (a aprox. 15V) hasta que la curva de medida se inicie con el flanco del primer pico. Si es necesario se aumenta la amplificación para poder proyectar mejor las estructuras.
- Se sigue reduciendo el límite superior de la tensión de aceleración (hasta aprox. 20 V)

hasta que la curva de medida termine en la posición en la cual se inicia la ionización.

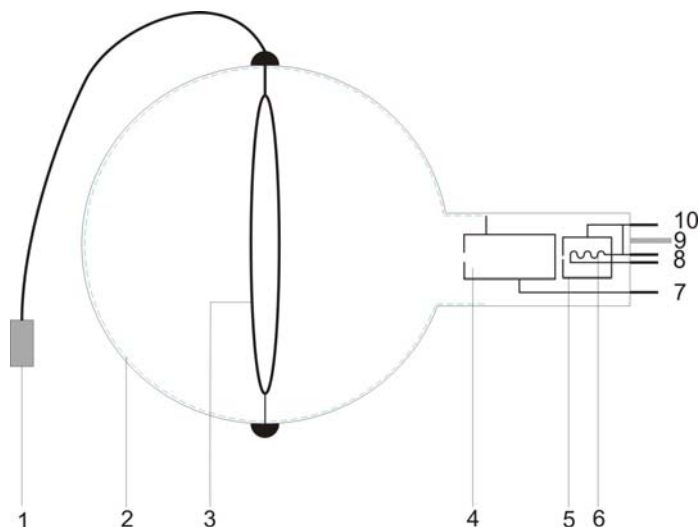
El alcance de la curva de medida, en el cual se encuentran los potenciales críticos está proyectado con límites bien definidos sobre la pantalla del osciloscopio y los potenciales se pueden identificar con gran exactitud.



## Tubo de potenciais críticos S preenchimento com He 1000620

### Instruções de operação

08/13 ALF



- 1 Conector BNC
- 2 Revestimento de vidro sobre potencial de anodo
- 3 Anel coletor
- 4 Anodo
- 5 Canhão de elétrons
- 6 Espiral de aquecimento
- 7 Pino de contato anodo
- 8 Pino de contato aquecimento
- 9 Pino de condução
- 10 Pino de contato catodo

### 1. Indicações de segurança

Tubos catódicos incandescentes são ampolas de vidro evacuadas de paredes finas, manusear com cuidado: risco de implosão!

- Não sujeitar os tubos a qualquer tipo de esforço físico.
- Não sujeitar os cabos de conexão a esforço puxando-o.
- O tubo só pode ser instalado no suporte para tubo S (1014525).

Tensões excessivamente altas, correntes ou temperaturas de catodo errôneas, podem levar à destruição dos tubos.

- Respeitar os parâmetros operacionais indicados.
- Somente efetuar conexões nos circuitos com os elementos de alimentação elétrica desconectados.
- Somente montar ou desmontar os tubos com os elementos de alimentação elétrica desligados.

Durante o funcionamento, o gargalo do tubo se aquece.

- Caso necessário, deixar esfriar os tubos antes de desmontá-los.

O cumprimento das diretivas EC para compatibilidade eletromagnética só está garantido com a utilização dos aparelhos de alimentação elétrica recomendados.

### 2. Descrição

O tubo de potenciais críticos S com preenchimento de He se destina ao exame quantitativo do impacto inelástico dos elétrons com átomos de gases nobres, para determinação da energia de ionização, assim como das energias de excitação do hélio, para resolução dos estados energéticos de diferentes números quânticos principais e de momento angular orbital, assim como para comprovação de estados metaestáveis.

O tubo de potenciais críticos S possui um canhão de elétrons com catodo incandescente de tungstênio aquecido diretamente e anodo cilíndrico em bulbo de vidro evacuado e preenchido com hélio. O lado interno do bulbo de vidro tem revestimento condutor e é ligado ao anodo. O anel coletor está posicionado no interno do bulbo de vidro de forma que o feixe divergente de elétron não possa atingi-lo diretamente.

A unidade de bateria se destina à preparação da tensão do coletor (contravoltagem)  $U_R$  entre o anodo e o anel coletor.

### 3. Fornecimento

- 1 Tubo de potenciais críticos S preenchimento com hélio
- 1 Unidade de bateria (bateria não fornecida)
- 1 Blindagem
- 1 Instruções de operação

### 4. Dados técnicos

Abastecimento de gás:	Hélio
Tensão de aquecimento:	$U_F \leq 7 \text{ V DC}$
Tensão anódica:	$U_A \leq 60 \text{ V}$
Corrente anódica:	$I_A \leq 10 \text{ mA}$
Tensão coletora:	$U_R = 1,5 \text{ V}$
Corrente coletora:	$I_R \leq 200 \text{ pA}$
Ampola de vidro:	aprox. 130 mm $\varnothing$
Comprimento total:	aprox. 260 mm

### 5. Exigência complementar

Para a operação do tubo:

- 1 Suporte dos tubos S 1014525
- 1 Unidade de controle p. tubos de potenciais críticos (115 V ou 230 V) 1000633 / 1008506
- 1 Fonte de alimentação DC, 0–20 V (115 V ou 230 V) 1003311 / 1003312  
ou
- 1 Aparelho para a experiência de Franck-Hertz (115 V ou 230 V) 1012819 / 1012818

Para registro das leituras:

- 1 Osciloscópio analógico 2x30 MHz 1002727
- 2 Cabos HF, BNC / conector de 4 mm 1002748  
ou
- 1 3B NET/og™ (115 V ou 230 V) 1000539 / 1000540
- 1 3B NET/lab™ 1000544
- 1 Bateria AA 1,5 V
- 1 Conjunto de 15 cabos de segurança para experiências 1002843

### 6. Utilização

#### 6.1 Instalação do tubo no suporte para tubos

- Montar e desmontar o tubo somente com os aparelhos de alimentação elétrica desligados.
- Inserir o tubo na tomada com leve pressão até que os pinos de contato estejam completamente dentro da tomada, ao fazê-

lo, garantir uma posição claramente definida do pino de condução.

#### 6.2 Desmontagem do tubo do suporte para tubos

- Deixar esfriar os tubos antes de desmontá-los.
- Para a retirada do tubo, pressionar por trás sobre o pino de condução até que os pinos de contato se soltem. Logo, retirar o tubo.

### 7. Exemplos de experiências

#### Determinação dos potenciais críticos do Átomo de Hélio

##### 7.1 Instruções gerais

A montagem do experimento com o tubo de potenciais críticos é muito sensível contra fontes de distúrbios eletromagnéticos (computadores, lâmpadas fluorescentes, etc.).

- Selecione o local do experimento de forma a evitar fontes de distúrbios eletromagnéticos.

##### 7.2 Montagem do experimento com a unidade de controle para tubos de potenciais críticos

- Inserir o tubo no suporte de tubos.

Preparação da tensão de aquecimento  $U_F$ :

- Ligar as tomadas F3 do suporte de tubo com o polo positivo da saída da fonte de alimentação DC e F4 com o polo negativo. (vide Fig. 1)

Preparação da tensão de aceleração  $U_A$ :

- Ligar a tomada C5 do suporte de tubo com o polo negativo da saída da unidade de controle  $V_A$  e com o polo negativo da saída da fonte de alimentação DC.
- Ligar a tomada A1 com o polo positivo da saída  $V_A$  com a unidade de controle.

Preparação da tensão do coletor  $U_R$ :

- Ligar o polo positivo da saída  $V_A$  da unidade de controle com o polo negativo da bateria de 1,5 V.
- Ligar o polo positivo da bateria de 1,5 V com uma tomada de massa da unidade de controle.
- Colocar a blindagem sobre o tubo e empurrar com a borda da dobra para dentro do suporte do tubo, de forma que o tubo esteja completamente dentro da blindagem. Então, conectar com uma tomada de massa da unidade de comando.
- Ligar o cabo de conexão do anel coletor à entrada BNC da unidade de controle.

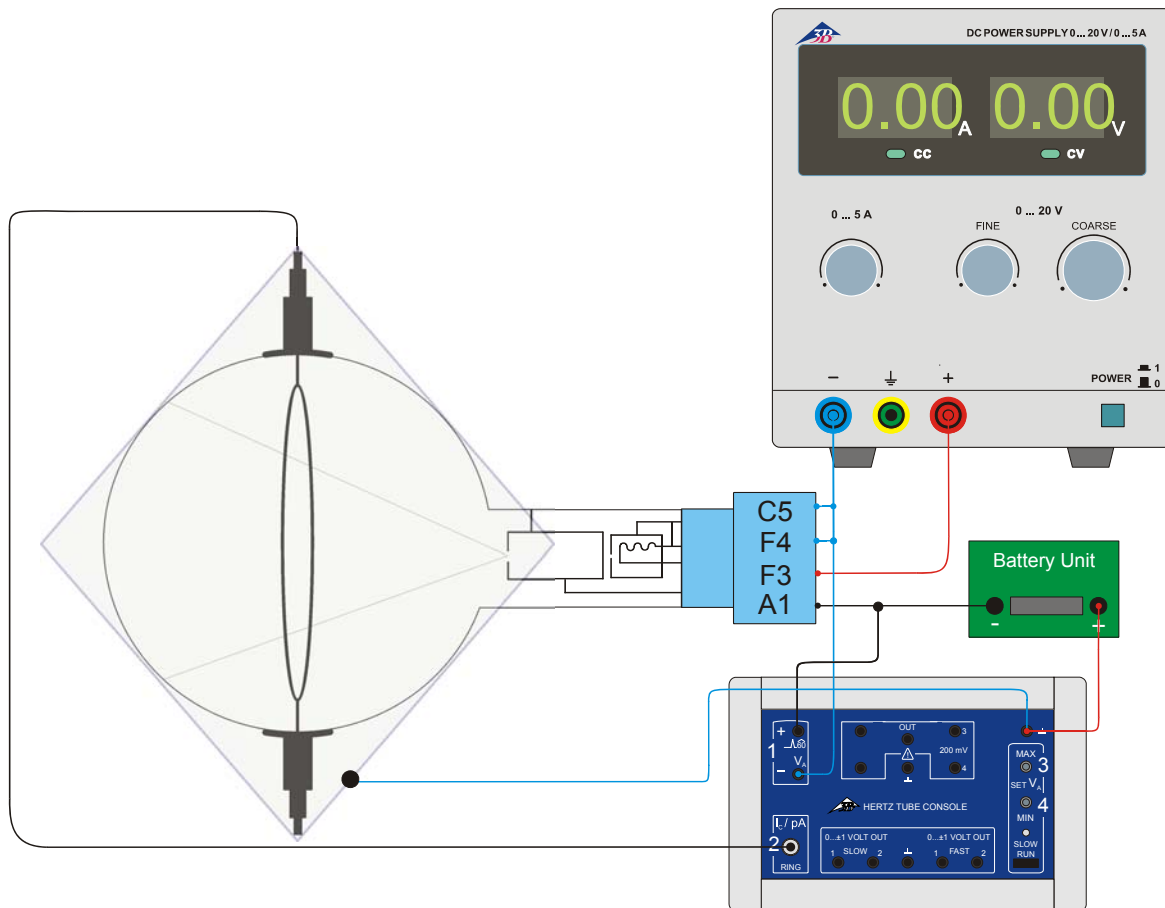


Fig. 1 Montagem do experimento com a unidade e controle para tubos de potenciais críticos

### 7.2.1 Realização com o 3B NET/og™

- Posicionar a tensão mínima na saída  $V_A$  da unidade de comando em aprox. 10 V e a tensão máxima em aprox. 35 V e em adição com o 3B NET/og™ medir as tensões menores em volta do fator 1000 entre a tomada 3 e massa, respectivamente, da tomada 3 e massa. Como alternativa, as tensões podem ser ajustadas om auxílio de um multímetro.
- Conectar o 3B NET/og™ ao computador.
- Conectar a saída Fast 1 da unidade de comando na entrada A e a saída Fast 2 na entrada B do 3B NET/og™. (vide Fig. 2)
- Ligar o 3B NET/og™ e iniciar o programa de computador 3B NET/lab™.
- Selecionar o 'laboratório de medição' e abrir um novo conjunto de dados.
- Selecionar as entradas análogas A e B e colocar a cada vez para A a área de medição 200 mV e para B a área de medição 2 V, no modo de tensão continua (VDC).
- Registrar a formula  $I = -667 * \text{"Input\_B"}$  (Unidade pA).

- Escolher o intervalo de medição = 50  $\mu\text{s}$ , tempo de medição = 0,05 s e modo = padrão.
- Ativar o disparador na entrada A com lado crescente (20%).
- Ligar uma tensão térmica de 3,5 V na fonte de alimentação DC.
- Iniciar a anotação dos valores de medição.
- Estabelecer um diagrama, na qual o eixo X esta marcado "rel Zeit in s" (tempo relativo em seg.) e o eixo Y com a grandeza  $I$ .
- Anotar repetidas vezes os valores de medição, aumentando a tensão térmica um pouco e variar a tensão de aceleração  $U_A$  mínima e máxima para otimizar a curva de medição.
- 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 e determinar a sua posição  $t_2$  sobre o eixo do tempo.
- Anotar uma nova fórmula com o nome E e da definição  $19,8 + 4,8 * (t - t_1) / (t_2 - t_1)$

- (Unidade eV); para isso anotar para  $t_1$  e  $t_2$  os valores numéricos encontrados em s.
- Estabelecer um diagrama, na qual está marcados o eixo X com a grandeza  $E$  e o eixo Y com a grandeza  $I$ . (vide Fig. 3).
- Para registro da curva de ionização, trocar a polaridade da tensão do coletor.

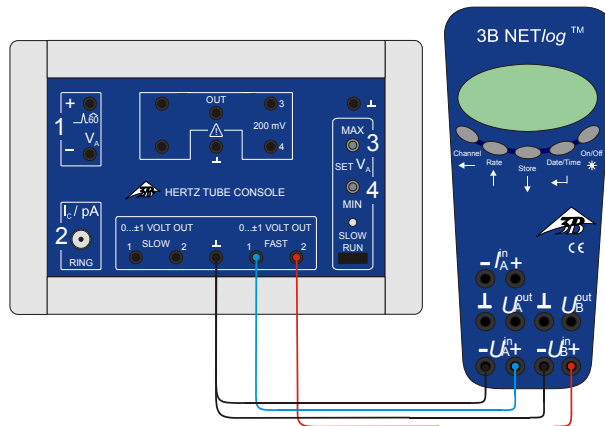


Fig. 2 Ligação do 3B NET/log™ no aparelho de controle para tubos de potenciais críticos

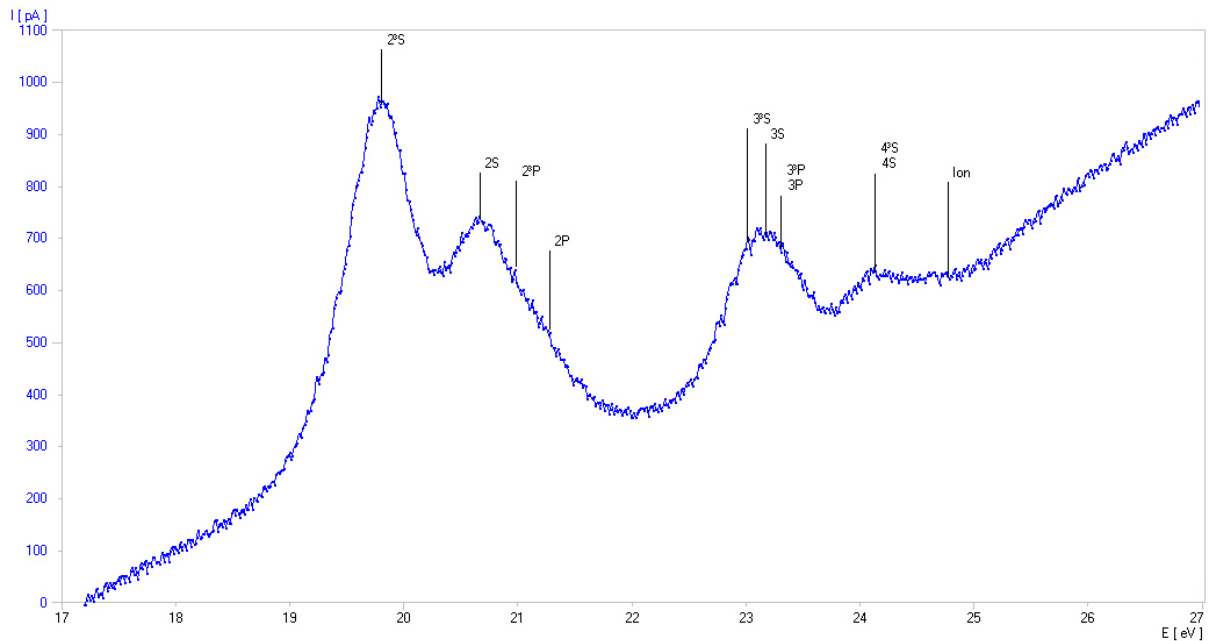


Fig. 3: Determinação dos potenciais críticos do átomo de hélio (curva de medição registrada com o 3B NET/log™)

### 7.2.2 Realização com um osciloscópio

- Conectar a saída Fast1 da unidade de controle ao Channel 1 (desvio X) e a saída Fast 2 ao Channel 2 (desvio Y) do osciloscópio. (vide Fig. 4)
  - Ajustar a tensão mínima na saída  $V_A$  da unidade de controle para aprox. 10 V e a tensão máxima para aprox. 35 V; para isso, medir com um multímetro as tensões reduzidas pelo fator 1000 entre a tomada 3 e a massa e entre a tomada 4 e a massa.
  - Ligar uma tensão térmica de 3,5 V na fonte de alimentação DC.
- Ajustes do osciloscópio:  
Channel 1: 50 mV/Div  
Channel 2: 0,2 V/Div  
Time-Base: 5 ms  
Trigger em Channel 1
- Variar a tensão de aquecimento, o limite inferior e superior da tensão de aceleração, assim como os parâmetros do osciloscópio, até que surja uma curva ideal.
  - Para registro da curva de ionização, trocar a polaridade da tensão do coletor.

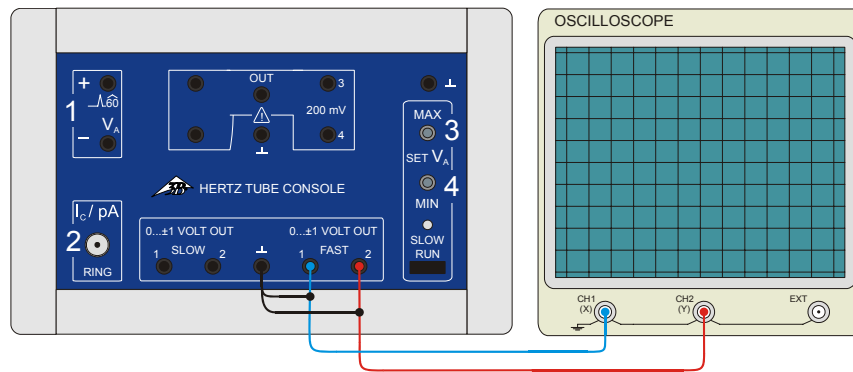


Fig. 4 Conexão de um osciloscópio no aparelho de controle para tubos de potenciais críticos

### 7.3 Montagem do experimento com o aparelho para o experimento de Franck-Hertz

- Inserir o tubo no suporte de tubos.

Preparação da tensão de aquecimento  $U_F$ :

- Conectar a tomada F3 do suporte de tubos à tomada F do aparelho para o experimento de Franck-Hertz e conectar a tomada F4 com a tomada K. (vide Fig. 5)

Preparação da tensão de aceleração  $U_A$ :

- Conectar a tomada C5 do suporte de tubos à tomada K do aparelho e a tomada A1 à tomada A.

A preparação da tensão do coletor  $U_R$  ocorre internamente no aparelho para o equipamento de Franck-Hertz.

- Colocar a blindagem sobre o tubo e empurrar com a borda da dobra para dentro do suporte do tubo, de forma que o tubo esteja completamente dentro da blindagem. Então, conectar com uma tomada de massa da unidade de comando.
- Conectar o cabo de ligação do anel coletor à entrada BNC do aparelho.

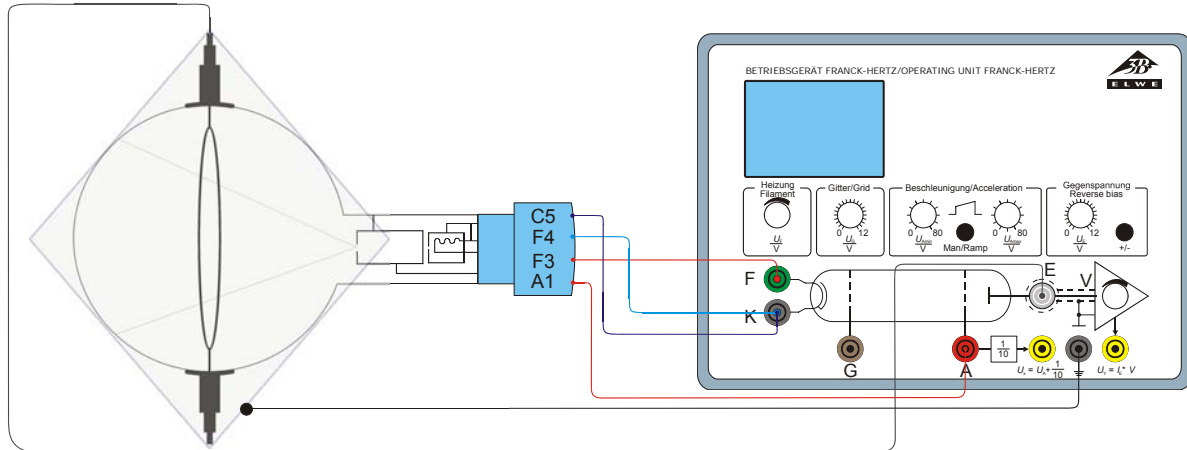


Fig. 5 Montagem do experimento com o aparelho para o experimento de Franck-Hertz

#### 7.3.1 Realização com o 3B NET/log™

- Conectar o 3B NET/log™ ao aparelho para o experimento de Franck-Hertz. (vide Fig. 6) Para isto, conectar a saída  $U_x$  do aparelho para o experimento de Franck-Hertz à entrada A e a saída  $U_y$  à entrada B do 3B NET/log™.
- Ajustar no aparelho em modo rampa uma tensão mínima de aprox. 10 V e uma tensão máxima de aprox. 35 V.

- Selecionar tensão de aquecimento de aprox. 3,5 V e tensão do coletor de aprox. -1,5V.
- Realizar ajustes na interface 3B NET/log™ assim como no programa de computador 3B NET/lab™ e registros de valores de leitura como descrito sob item 7.2.1.
- Variar a tensão de aquecimento, o limite inferior e superior da tensão de aceleração, da tensão do coletor, assim como a amplificação, até que surja uma curva ideal.

- Para registro da curva de ionização, trocar a polaridade da tensão do coletor.

Channel 2: 0,2 V/Div  
Time-Base: 5 ms  
Trigger em Channel 1

### 7.3.2 Realização com um osciloscópio

- Conectar a saída  $U_x$  do aparelho para o experimento de Franck-Hertz ao Channel 1 (desvio X) e a saída  $U_y$  ao Channel 2 (desvio Y) do osciloscópio. (vide Fig. 7)
- No aparelho em modo rampa, ajustar uma tensão mínima de aprox. 10 V e uma tensão máxima de aprox. 35 V.
- Selecionar tensão de aquecimento de aprox. 3,5 V e tensão do coletor de aprox. -1,5 V.

- Variar a tensão de aquecimento, o limite inferior e superior da tensão de aceleração, a tensão do coletor, a amplificação, assim como os parâmetros do osciloscópio, até que surja uma curva ideal.
- Para registro da curva de ionização, trocar a polaridade da tensão do coletor.

Ajustes do osciloscópio:  
Channel 1: 50 mV/Div

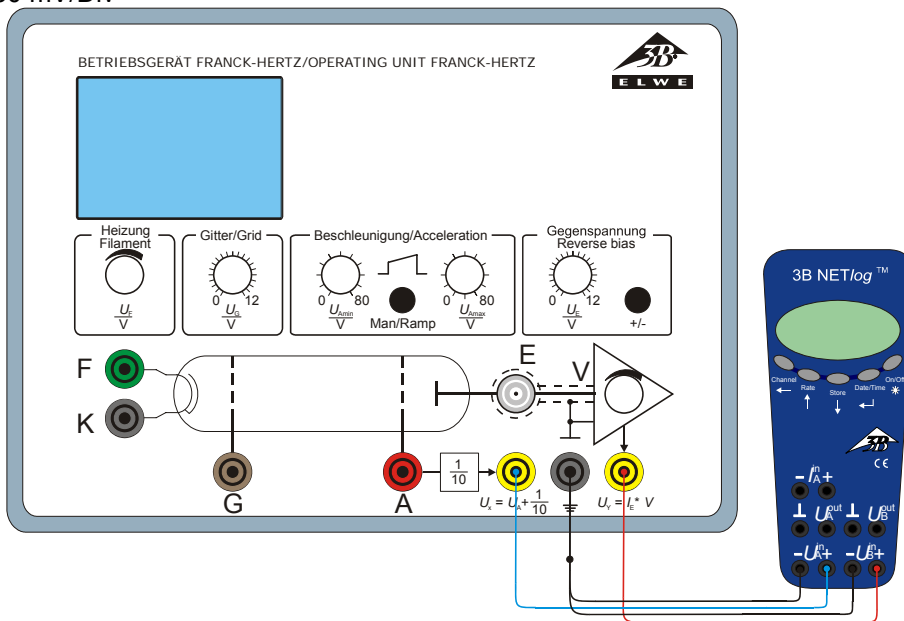


Fig. 6 Conexão do 3B NET/log™ ao aparelho para o experimento de Franck-Hertz

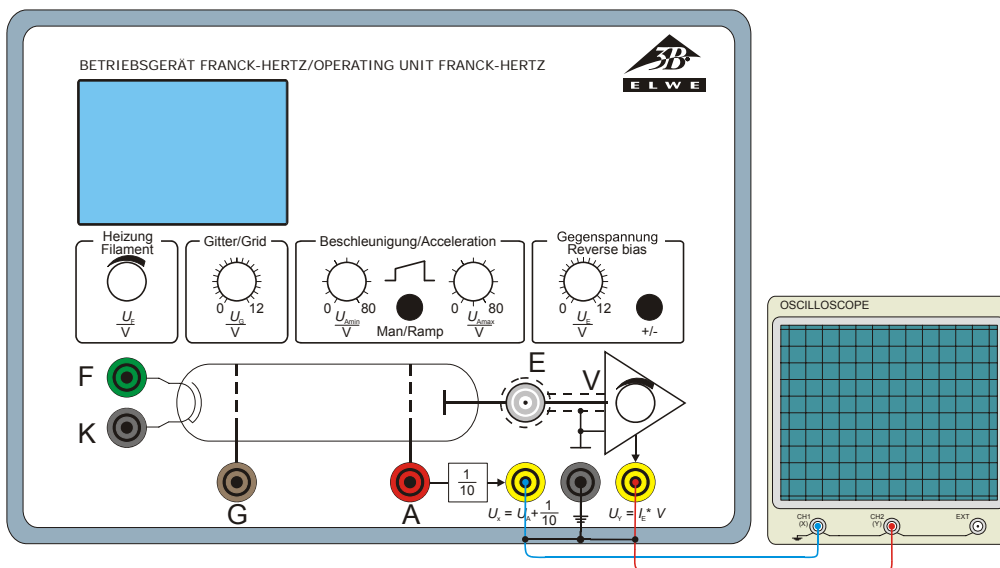


Fig. 7 Conexão de um osciloscópio no aparelho para o experimento de Franck-Hertz

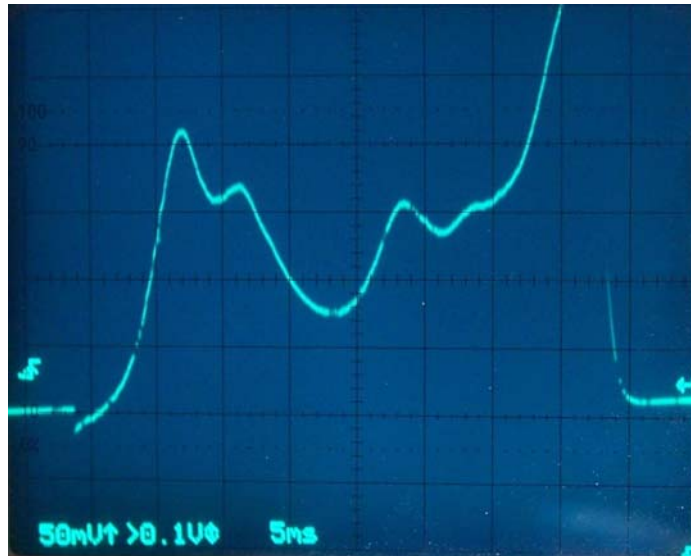


Fig.8 Exemplo de uma curva de medição registrada com o aparelho para o experimento de Franck-Hertz

### 7.3.3 Calibragem da curva de medição

- A uma tensão de aquecimento de 3,5 V e uma tensão do coletor de -1,5 V, ajustar o limite inferior da tensão de aceleração para 0 V e o limite superior para 60 V. Abrir amplificação.

Na tela do osciloscópio surge uma curva de medição, na qual podem ser vistas estruturas de formação fraca em três locais. Destas, as primeiras estruturas são de interesse. Para destacar esta faixa, proceder como segue.

- Reduzir o limite superior da tensão de aceleração para aprox. 35 V.

Assim, a curva de medição é ampliada e as estruturas ficam mais evidentes.

- Para representar a curva de medição ainda mais ampliada, aumentar a amplificação ou a tensão de aquecimento. Caso necessário, adequar também os ajustes do osciloscópio.
- Aumentar o limite inferior da tensão de aceleração (até aprox. 15 V), até que a curva de medição comece com o flanco no primeiro pico. Se necessário, aumentar a amplificação, para ilustrar melhor as estruturas.

- Seguir reduzindo o limite superior da tensão de aceleração (até aprox. 20 V), até que a curva de medição termine no local em que se inicia a ionização.

O âmbito da curva de medição em que estão os potenciais críticos está representado na tela do osciloscópio com limites claramente definidos e os potenciais críticos podem ser identificados sem sombra de dúvida.

