

Kritische Potenziale

BESTIMMUNG DER KRITISCHEN POTENZIALE DES HELIUMATOMS.

- Messung des Kollektorstroms I_R in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_A .
- Vergleich der Lage der Strommaxima mit den kritischen Potenzialen des Heliumatoms.
- Identifizierung der Doppelstruktur im Termschema von Helium (Ortho- und Parahelium).

UE502050

03/13 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Bezeichnung Kritische Potenziale fasst alle Anregungs- und Ionisationsenergien in der Elektronenhülle eines Atoms zusammen. Die zugehörigen atomaren Zustände können z.B. durch inelastischen Elektronenstoß angeregt werden. Entspricht die kinetische Energie des Elektrons gerade einem kritischen Potenzial, so gibt das Elektron seine kinetische Energie beim inelastischen Stoß vollständig an das Atom ab. Dies kann in einer auf G. Hertz zurückgehenden experimentellen Anordnung zur Bestimmung der kritischen Potenziale genutzt werden.

In einer evakuierten und mit Helium gefüllten Röhre fliegen freie Elektronen nach Durchlaufen einer Beschleunigungsspannung U_A divergent durch einen Raum mit konstantem Potenzial. Um Aufladungen der Röhrenwand zu vermeiden, ist die Innenseite mit einem leitenden Material beschichtet und mit der Anode A leitend verbunden (siehe Fig. 1). In der Röhre ist eine ringförmige Kollektorelektrode R angeordnet, die vom divergenten Elektronenstrahl nicht getroffen wird, obwohl sie auf einem geringfügig höheren Potenzial liegt.

Gemessen wird der – im Picoamperebereich liegende – Strom I_R zum Kollektorring in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_A . Er weist charakteristische Maxima auf, da die Elektronen auf ihrem Weg durch die Röhre inelastische Stöße mit den Heliumatomen erfahren: Entspricht ihre kinetische Energie

$$(1) \quad E = e \cdot U_A$$

e: Elementarladung

genau einem kritischen Potenzial des Heliumatoms, geben sie ihre kinetische Energie dabei vollständig an die Heliumatome ab. In diesem Fall können sie zum Kollektorring abgesaugt werden und zu einem höheren Kollektorstrom I_R beitragen.

Mit steigender Beschleunigungsspannung können immer höhere Niveaus im Helium (siehe hierzu das Termschema des He-Atoms in Fig. 2) angeregt werden, bis die kinetische Energie des Elektrons schließlich zur Ionisation des Heliumatoms ausreicht. Ab diesem Wert steigt der Kollektorstrom mit zunehmender Beschleunigungsspannung ständig an.

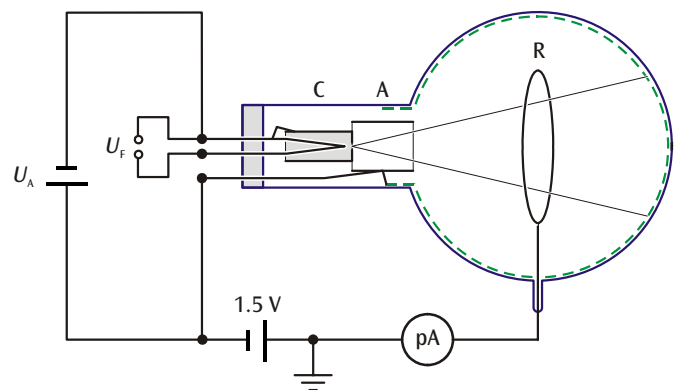


Fig. 1: Schematische Darstellung zur Kritisches-Potenzial-Röhre.

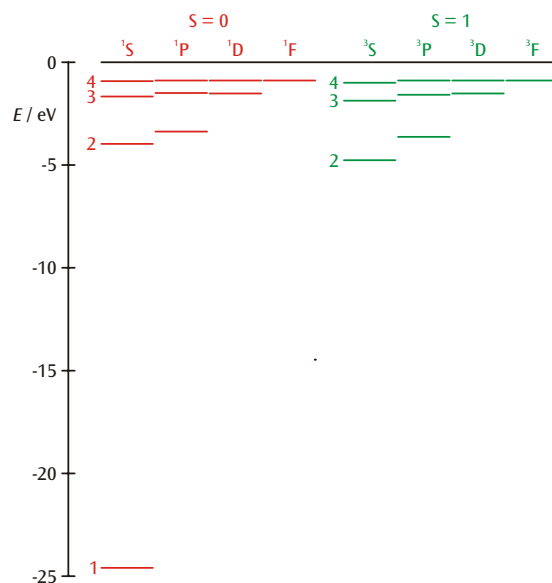


Fig. 2: Termschema von Helium.
rot: Gesamtspin $S = 0$ (Parahelium),
grün: Gesamtspin $S = 1$ (Orthohelium)

GERÄTELISTE

1	Kritisches-Potenzial-Röhre S mit He-Füllung	1000620
1	Röhrenhalter S	1014525
1	Steuereinheit für Kritisches-Potenzial-Röhren (115 V oder 230 V)	1000633 / 1008506
1	DC-Netzgerät, 0–20 V, 5 A (115 V oder 230 V)	1003311 / 1003312
1	3B NET/log™ (115 V oder 230 V)	1000539 / 1000540
1	3B NET/lab™	1000544
1	Satz 15 Experimentierkabel, 75 cm, 1 mm²	1002840
1 PC mit Windows 98/2000/XP, Internet Explorer 6 oder höher und USB-Anschluss		

SICHERHEITSHINWEISE

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

- Kritisches-Potenzial-Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Anschlusskabel des Kollektorrings keinen Zugbelastungen aussetzen.

AUFBAU

- 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.
- Die Buchse F3 des Röhrenhalters mit dem Pluspol des Ausgangs des DC-Netzgerätes und F4 mit dem Minuspol verbinden.
- Die Buchse C5 des Röhrenhalters mit dem Minus-Pol des Ausgangs V_A der Steuereinheit und mit dem Minuspol des DC-Netzgerätes verbinden.
- Die Buchse A1 mit dem Plus-Pol des Ausgangs V_A der Steuereinheit und 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, mit der Falzkante in die Aufnahme des Röhrenhalters schieben und mit einer Massebuchse der Steuereinheit verbinden.
- Anschlusskabel des Kollektorrings an den BNC-Eingang der Steuereinheit anschließen.

DURCHFÜHRUNG

Vorbereitung:

- Minimale Spannung an Ausgang V_A der Steuereinheit auf ca. 15 V und maximale Spannung auf ca. 28 V stellen; dazu mit 3B NET/log™ die um den Faktor 1000 kleineren Spannungen zwischen Buchse 3 und Masse bzw. Buchse 4 und Masse messen.
- 3B NET/log™ an Computer anschließen.
- Ausgang Fast 1 der Steuereinheit an Eingang A und Ausgang Fast 2 an Eingang B des 3B NET/log™ anschließen.
- 3B NET/log™ 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 $I = -667 \cdot \text{„Input_B“}$ (Einheit pA) eintragen.
- Messintervall = 50 μs , 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.

Optimale Parameter 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.

Beschleunigungsspannung kalibrieren:

- Im Spektrum den 2^3S -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 $19,8 + 4,8 \cdot (t - t_1)/(t_2 - t_1)$ (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.
- Aufzeichnung der Messwerte neu starten.

MESSBEISPIEL UND AUSWERTUNG

Tab. 1: Literaturwerte der Kritischen Potenziale des Helium

Term	E / eV
2^3S	19,8
2^1S	20,6
2^3P	21,0
2^1P	21,2
3^3S	22,7
3^1S	22,9
4^1P	23,7
Ionisation	24,6

- Im gemessenen Diagramm die in Tab. 1 aufgeführten Kritischen Potenziale identifizieren (siehe Fig. 5).

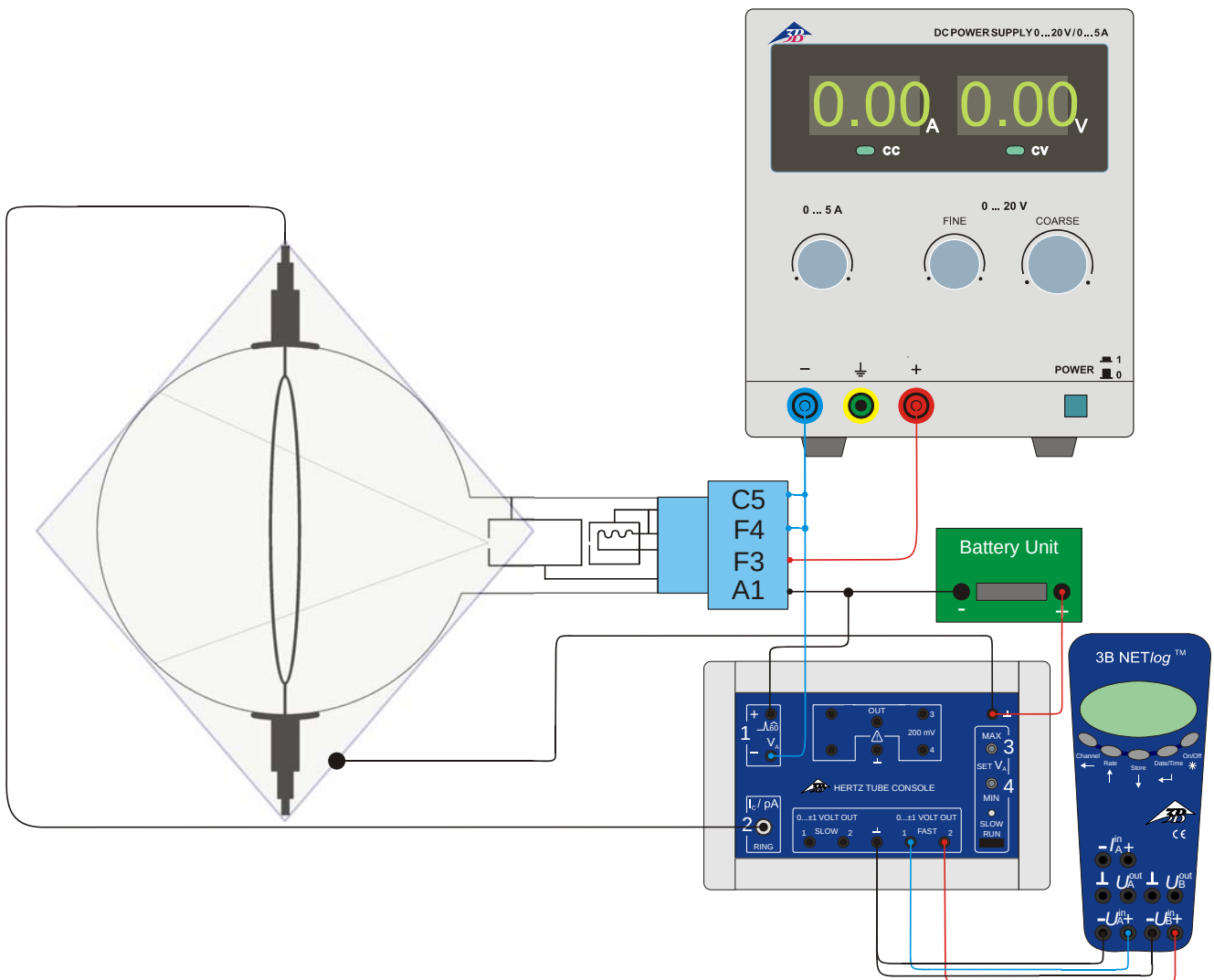


Fig. 3: Messaufbau zur Bestimmung der Kritischen Potenziale des Helium

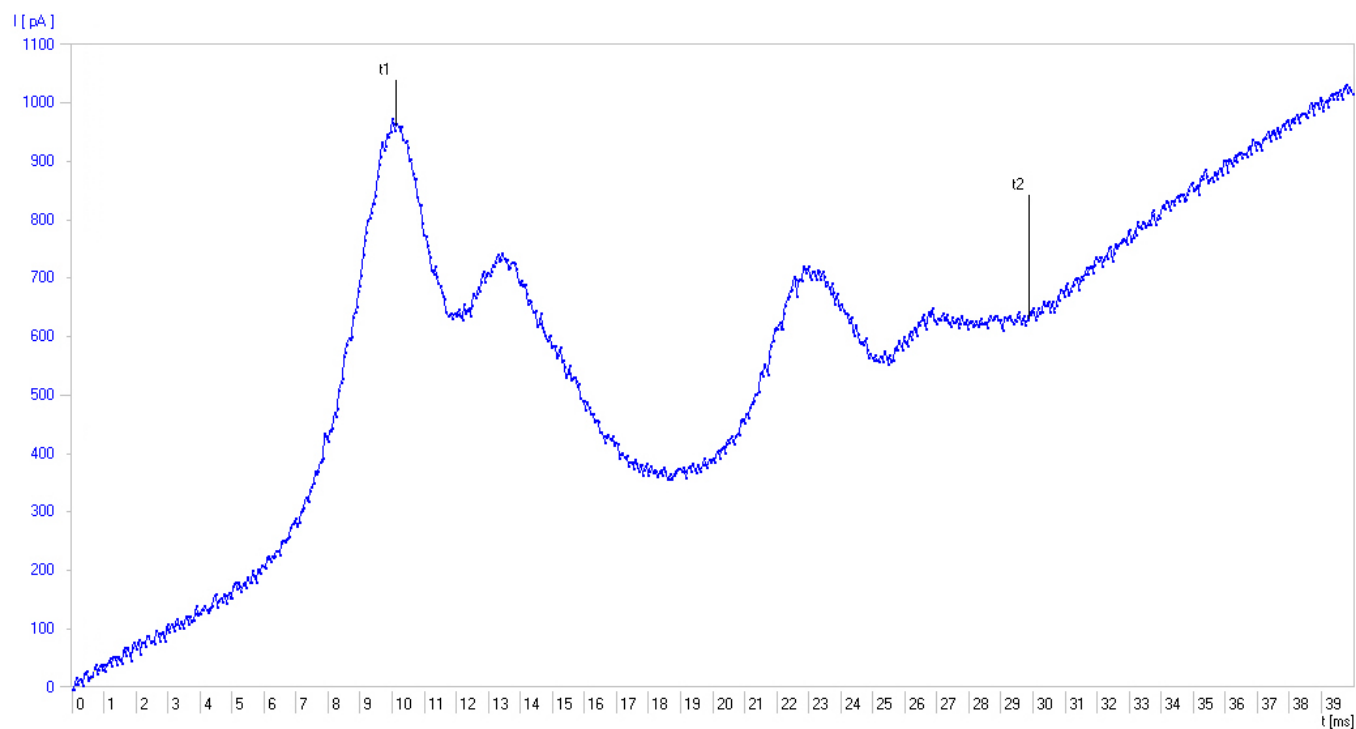


Fig. 4: Kollektorstrom I_R in Abhängigkeit von der Zeit t .

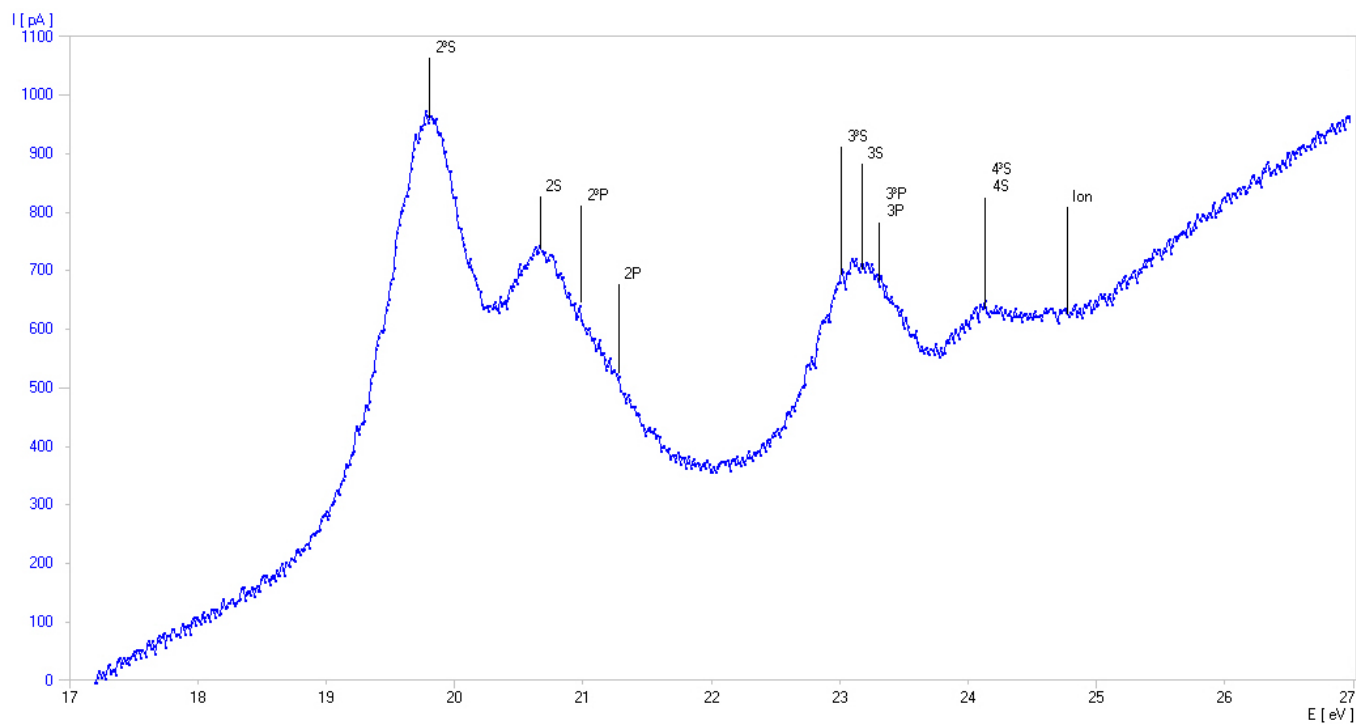


Fig. 5: Kollektorstrom I_R in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_A .