



Name: \_\_\_\_\_

## Abiturprüfung 2015

### Physik, Leistungskurs

---

**Aufgabenstellung:**

**Aufgabe: Das Bohr'sche Atommodell und seine experimentelle Bestätigung**

**Teilaufgabe 1**

- a) Im Jahre 1909 führte E. Rutherford seinen bekannten Streuversuch durch, bei dem die Wechselwirkung von  $\alpha$ -Teilchen mit Goldatomen untersucht wurde. Dabei zeigte sich, dass die meisten  $\alpha$ -Teilchen die mindestens 1000 Atomlagen dicke Goldfolie ungehindert passieren konnten, einige aber deutlich abgelenkt oder sogar zurückgestreut wurden:

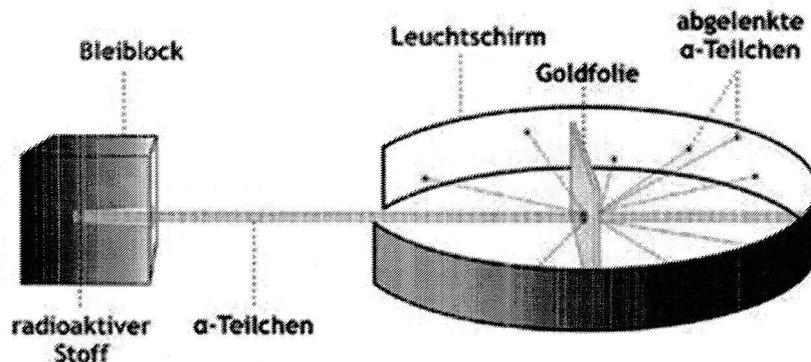


Abbildung 1: Prinzip des Streuversuchs  
(Quelle: [http://bertlnetz.de/chemie/bilder/rustr\\_kl.png](http://bertlnetz.de/chemie/bilder/rustr_kl.png))

*Erläutern Sie, warum Rutherford hier auf die Existenz eines im Vergleich zum Atomdurchmesser sehr kleinen, aber massereichen Atomkerns schließen konnte.*



Name: \_\_\_\_\_

- b) Rutherford formuliert daraufhin ein Kern-Hülle-Modell, das bald danach (ab 1911) als Planetenmodell (Abbildung 2) beschrieben wurde:

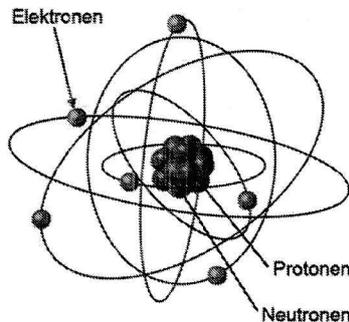


Abbildung 2: Planetenmodell

(Quelle: [http://real-physik.info/fileadmin/user\\_upload/media/media\\_9/atommodell.png](http://real-physik.info/fileadmin/user_upload/media/media_9/atommodell.png))

*Begründen Sie, warum Rutherford zunächst von einer Kreisbewegung der Elektronen ausging. (Die ebenfalls möglichen Ellipsenbahnen wurden erst einige Jahre später in Betracht gezogen.)*

- c) *Geben Sie ein Beispiel für einen Widerspruch zu anderen damals bereits vorhandenen Erkenntnissen der Physik an.*
- d) *Im Rutherford'schen Atommodell bewegt sich jedes Elektron mit einer bestimmten Geschwindigkeit  $v$  auf einer Kreisbahn mit dem Radius  $r$ .*

- *Leiten Sie anhand eines geeigneten Kraftansatzes die Beziehung  $r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{m_e \cdot v^2}$*

*für das Planetenmodell des Wasserstoffatoms her.*

- *Erläutern Sie Ihren Ansatz.*

*(In der Formel bezeichnen  $e$  die Elementarladung,  $m_e$  die Elektronenmasse und  $\epsilon_0$  die elektrische Feldkonstante.)*

- e) *Der Bahnradius des Elektrons im Wasserstoffatom wird mit  $r = 5,29 \cdot 10^{-11}$  m angegeben. Berechnen Sie (ohne Einheitenumformung) die zugehörige Bahngeschwindigkeit  $v$ .*



Name: \_\_\_\_\_

f) Wenn sich ein  $\alpha$ -Teilchen ( ${}^4_2\text{He}$ ) einem Goldkern ( ${}^{197}_{79}\text{Au}$ ) nähert, gewinnt es potentielle Energie auf Kosten seiner anfänglichen kinetischen Energie; diese potentielle Energie

berechnet sich nach:  $E_{\text{pot}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Z_{\text{He}} \cdot Z_{\text{Au}} \cdot e^2}{r}$ . ( $r$  ist hier der Abstand der Kernmittelpunkte.) Der Radius  $r_K$  eines Atomkerns kann näherungsweise mit  $r_K = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ m} \cdot \sqrt[3]{A}$

angegeben werden. ( $A$  ist die jeweilige Massenzahl des Kerns.)

Überprüfen Sie, ob ein direkt auf einen Goldkern zulaufendes  $\alpha$ -Teilchen mit der Energie  $E_\alpha = 5,30 \text{ MeV}$  den Kern tatsächlich berührt. (Die Goldatome in der Folie sind in einer Gitterstruktur fest gebunden.)

Hinweis: Den Kernradius des  $\alpha$ -Teilchens brauchen Sie nicht zu berücksichtigen.

(23 Punkte)

## Teilaufgabe 2

a) Das Rutherford'sche Atommodell wurde von Nils Bohr durch seine 1913 formulierten Postulate weiterentwickelt, vgl. dazu Abbildung 3.



Abbildung 3: Bohr'sches Atommodell

(Quelle: [http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website\\_uni\\_ulm/nawi.inst.251/Didactics/quantenchemie/grafik/11Bohr/Verbot.jpg](http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/quantenchemie/grafik/11Bohr/Verbot.jpg))

Geben Sie die beiden Bohr'schen Postulate an.



Name: \_\_\_\_\_

b) Die mathematische Formulierung für die Bahnradien  $r_n$  ist nach dem 1. Bohr'schen

Postulat durch die Beziehung  $2\pi \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{m_e \cdot v}$  gegeben.

- Leiten Sie die Formel  $r_n = \frac{h^2 \cdot \epsilon_0}{\pi \cdot m_e \cdot e^2} \cdot n^2$  für die Bahnradien im Wasserstoffatom her.
- Bestimmen Sie  $r_1$  für den Grundzustand des Wasserstoffatoms.

(11 Punkte)

### Teilaufgabe 3

Ein erster Hinweis auf unterschiedliche Energiezustände in der Hülle der Atome ergab sich 1912 durch ein Experiment von Gehrke und Seeliger (Abbildung 4).

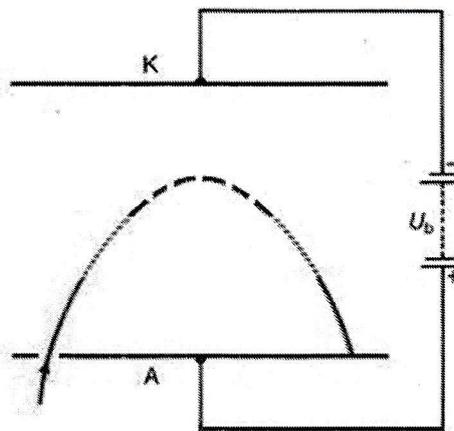


Abbildung 4: Der Versuch von Gehrke-Seeliger  
(Quelle: Gross Berhag: Atome, Kerne, Quanten, Klett-Verlag, 1. Auflage 1987, S. 25)

In einer mit Argongas gefüllten Röhre tritt ein Elektronenstrahl schräg in ein elektrisches Gegenfeld ein und bewegt sich auf einer Parabelbahn. Unter den gewählten Versuchsbedingungen zeigte sich, dass der Scheitelpunkt der Parabelbahn dunkel blieb, während im Mittelteil der Bahn eine rote und im unteren Teil eine blaue Leuchterscheinung auftrat.

Erklären Sie die Entstehung der unterschiedlichen Leuchterscheinungen im Argongas.

(6 Punkte)



Name: \_\_\_\_\_

#### Teilaufgabe 4

Ein klassisches Experiment zur Bestätigung des Bohr'schen Atommodells ist der 1914 veröffentlichte Franck-Hertz-Versuch. Die folgende Abbildung 5 zeigt das Prinzip des Versuchs, die verwendete Röhre ist mit Neon gefüllt.

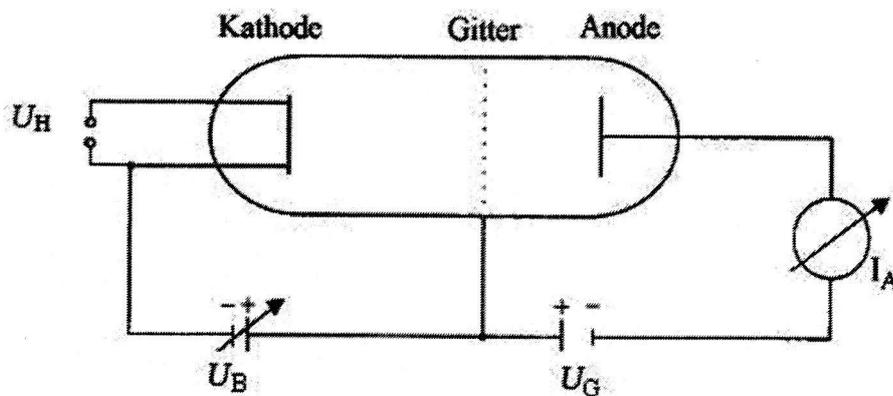


Abbildung 5: Franck-Hertz-Versuch

- a) Erläutern Sie die Schaltskizze hinsichtlich der Funktion der Bauelemente und der Bedeutung der Größen  $U_B$ ,  $U_G$  und  $I_A$ .



Name: \_\_\_\_\_

b) Abbildung 6 zeigt ein bei diesem Experiment aufgenommenes Oszilloskopbild (Skalierung: x-Achse:  $U_B$  mit 10 V/cm, y-Achse:  $I_A$  mit 10  $\mu$ A/cm).

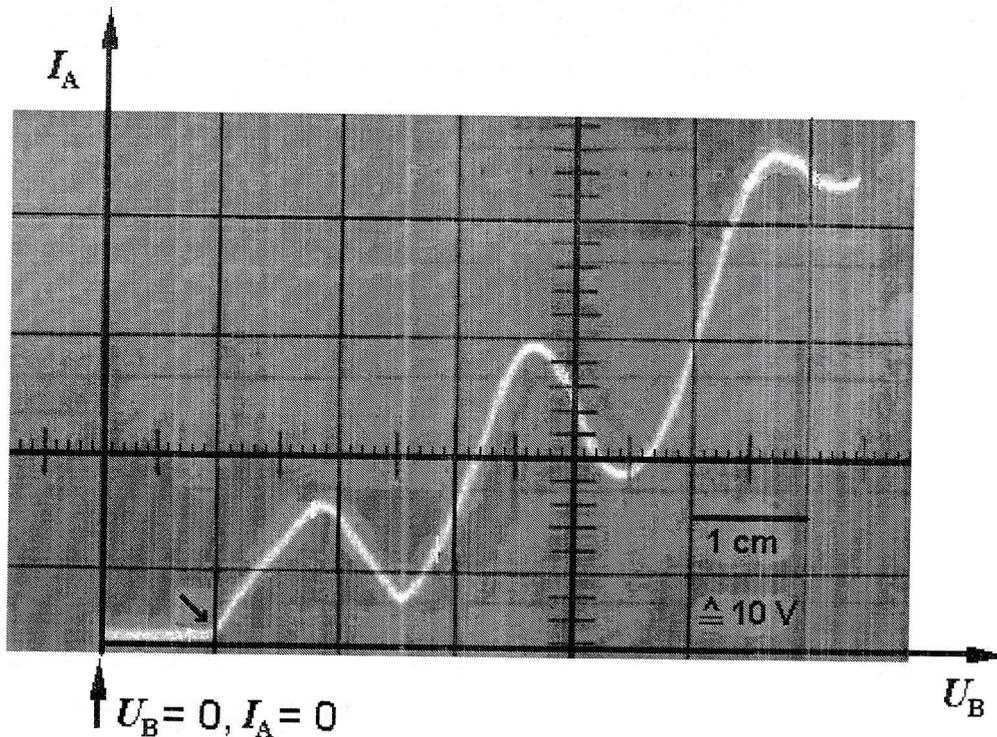


Abbildung 6: Oszilloskopbild zum Franck-Hertz-Versuch

- Ermitteln Sie anhand der eingezeichneten Koordinatenachsen die Werte der Beschleunigungsspannung  $U_B$ , bei denen Stromstärkemaxima des Anodenstroms  $I_A$  im Oszilloskopbild auftreten.
- Begründen Sie, warum der Strom  $I_A$  erst ab der im Bild mit einem Pfeil ( $\searrow$ ) gekennzeichneten Stelle anzusteigen beginnt.

Abbildung 8 zeigt ein stark vereinfachtes Energiestufendiagramm des Neonatoms.

- Erklären Sie das erstmalige Absinken des Stroms  $I_A$  mit Hilfe des Bohr'schen Atommodells.
- Erläutern Sie, warum dies im weiteren Verlauf der Kurve noch zweimal auftritt.



Name: \_\_\_\_\_

c) Im Verlauf des Versuchs, wie er in Abbildung 6 dargestellt ist, können in der Franck-Hertz-Röhre bis zu drei deutlich voneinander abgegrenzte rot leuchtende Zonen beobachtet werden, die man auch im Schwarzweißbild von Abbildung 7 erkennen kann.

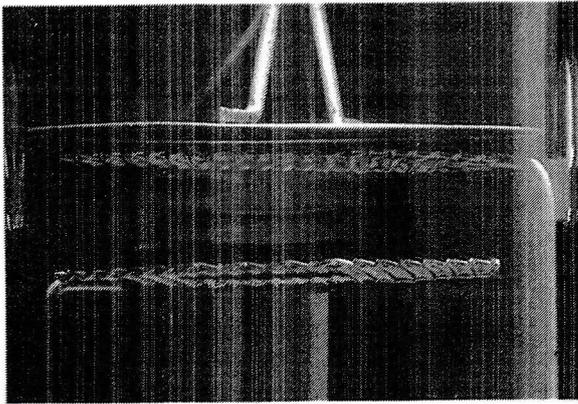


Abbildung 7: Leuchterscheinungen im Neon-Gas  
(Quelle: Metzler Physik, Schroedel-Verlag, 4.  
Auflage 2007, S. 407)

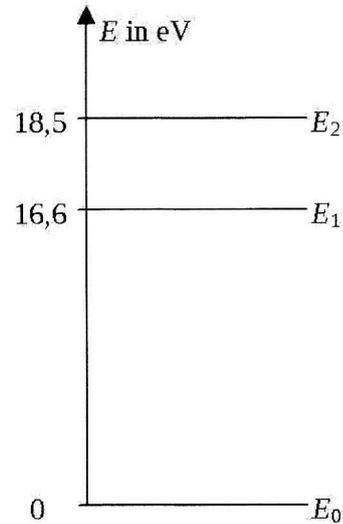


Abbildung 8: Energiestufendiagramm

Nach dem Bohr'schen Atommodell sind alle drei Übergänge zwischen den in diesem Energiestufendiagramm dargestellten Energiestufen möglich, allerdings mit sehr unterschiedlichen Übergangswahrscheinlichkeiten.

Ermitteln Sie, welcher der drei möglichen Übergänge im vereinfachten Niveauschema von Abbildung 8 zur Lichtemission im Sichtbaren ( $\lambda = 400$  bis  $800$  nm) führt.

(25 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung