

1.4 Dem Rutherford-Bohrschen Atommodell gemäß besteht das Wasserstoffatom aus einem Proton und einem Elektron, welches den Atomkern im Radius r umkreist. Das Elektron hat eine kinetische Energie von $E_{kin} = 2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$ und einen Bahndrehimpuls $L = 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$. Wie groß ist r ? (3P)

(a) Welche Annahmen liegen dem Modell des idealen Gases zugrunde? (4P)

(b) Wie lautet die Zustandsgleichung für ideale Gase? Bezeichnen Sie alle Größen! (2P)

(c) Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase? Auf welchen physikalischen Ursachen beruht die Abweichung vom idealen Gas? (2P)

1.2 Die Umlaufzeit des Zwergplaneten Eris um die Sonne beträgt 600 Jahre. Das Licht der Sonne erreicht Eris nach 9.9h.

(a) Welche Kräfte stehen im System Eris/Sonne im Gleichgewicht (Namen und Formeln angeben)? (4P)

(b) Wie groß ist der Abstand Eris und Sonne? (2P)

(c) Wie gross ist die Masse der Sonne? (3P)

Physikalische Konstanten

$$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$R_y = 13.6 \text{ eV}$$

$$c_S = 340 \text{ ms}^{-1}$$

$$n_{Luft}, n_{Wasser}, n_{Glas} = 1, 1.33, 1.5$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4.1 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

$$1 \text{ J} = 0.239 \text{ cal}$$

Hinweis:

Bitte schreiben Sie gut lesbar und in Schwarz oder Blau mit dokumentenechter Tinte.

Bei Rechenaufgaben muss der Rechenweg nachvollziehbar sein,

ansonsten kann nicht die volle Punktzahl vergeben werden.

1.3 Im Versuch *Ballistisches Pendel* wird eine Knetkugel der Masse $m_K = 100$ g an einem Faden aufgehängt und verhält sich wie ein Pendel. Die ruhende Knete wird mit einer Gewehrku­gel der Masse $m_G = 0.5$ g beschossen, welche das Gewehr mit einer Geschwindigkeit von $\vec{v}_G = 500 \text{ kmh}^{-1}$ verlässt.

(a) Um welche Art von Stoß handelt es sich beim Einschlag der Gewehrku­gel? (1P)

(b) Welche beiden Größen bleiben hierbei erhalten? (2P)

(c) Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich beide Kugeln nach dem Stoß? (3P)

(d) Welche Größe bleibt nicht erhalten? (1P)

(e) Wie hoch schlägt das Pendel aus? Leiten Sie hierzu die Formel von h aus den Erhaltungssätzen her und berechnen Sie diese! (3P)

1 Mechanik

1.1 Ein Bogenschütze schießt einen Pfeil auf eine Zielscheibe. Er hört den Einschlag des Pfeils genau 1 s nach dem Abschuss. Die Geschwindigkeit des Pfeils ist $\vec{v}_P = 30 \text{ ms}^{-1}$.

(a) Angenommen, der Schütze hat den Pfeil exakt in x-Richtung abgeschossen, wie weit ist der Bogenschütze von der Scheibe entfernt? **(2P)**

(b) Wie groß ist der Abstand Erde und Sonne? **(2P)**

(b) Weiterhin wird angenommen, dass die Mitte der Zielscheibe auf Abschusshöhe ist. Um wie viel m hat der Schütze die Mitte verfehlt? **(3P)**

(c) Unter welchem Winkel müsste der Schütze den Pfeil abschießen, um genau die Mitte der Scheibe zu treffen (Luftreibung vernachlässigen)? **(4P)**

(d) Wie groß ist die Masse der Sonne? **(3P)**

Prof. Dr. O. Dopfer
Dr. D. Rupp
Technische Universität Berlin

**Modulprüfung
Physik für ET
vom 30.07.2018**

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnr: _____

Tutor: _____

**Bitte die Blättern nicht trennen!
Bitte die Hinweise auf der nächsten Seite beachten.**

Aufgabenteil	Punkte		
1(31) Mechanik			
2(19) Thermodynamik			
3(23) Wellen und Elektromagnetismus			
4(26) Elektromagnetische Strahlung			
5(27) Aufbau der Materie			
6(24) Quantengase			
erreichbare Punkte: 150			

Note:

2 Thermodynamik

2.1 Ideales und reales Gas.

- (a) Welche Annahmen liegen dem Modell des idealen Gases zugrunde? (4P)
- (b) Wie lautet die Zustandsgleichung für ideale Gase? Bezeichnen Sie alle Größen! (2P)
- (c) Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase? Auf welchen physikalischen Ursachen beruht die Abweichung vom idealen Gas? (2P)

2.4 Erster und zweiter Hauptsatz.

- (a) Warum ist es sinnlos, die Kühlschranktür offen zu halten, um die Küche zu kühlen? Was könnte man mit dem Kühlschrank machen, um ihn zum Kühlen eines Raumes zu benutzen? (1P)
- (b) Es wird im allgemeinen versucht, den Dampf, der Turbinen antreibt, so heiß wie möglich zu machen. Warum ist das so? (1P)
- (c) Kann ein System Wärme aufnehmen, ohne dass sich seine innere Energie ändert? Begründen Sie Ihre Antwort! (1P)
- (d) Eine bestimmte Menge eines Gases verrichtet 300 J Arbeit und nimmt 600 cal Wärme auf. Wie hoch ist die Änderung seiner inneren Energie? (2P)

2.2 Im Versuch *Regelation des Eises* wurde ein Draht mit einem Gewicht um einen Eisblock gehängt. Beschreiben Sie, was passiert und erklären Sie den Effekt mit Hilfe eines Phasendiagramms ($p - T$ -Diagramm) von Wasser! (3P)

(a) Es wird im Alltag versucht, den Dampf der Turbinen so heiß wie möglich zu machen. Warum ist das so? (1P)

2.3 Beim Schmelzen eines Eiswürfels wird kontinuierlich Wärme zugeführt. Wie ändert sich die Temperatur T als Funktion der zugeführten Wärmemenge Q ? Stellen Sie den Zusammenhang $T(Q)$ graphisch dar. Erklären Sie die unterschiedlichen Teilbereiche des Diagramms! (3P)

(b) Eine bestimmte Menge eines Gases verrichtet 200 J Arbeit und nimmt 500 cal Wärme auf. Wie hoch ist die Änderung seiner inneren Energie? (2P)

- (e) Welchen Winkel spannen die Vektoren \vec{E}_0 und \vec{B}_0 auf? (1P)

3.3 Welche Kräfte (Formeln und Namen) wirken auf ein geladenes Teilchen in einem elektromagnetischen Feld? (2P)

- (a) Angenommen, das Magnetfeld ist homogen, $\vec{E} = 0$ und das Teilchen ruht. Wie groß ist die Kraft, die jetzt auf das Teilchen wirkt? (1P)

- (a) Zeichnen Sie in das Bild die Magnetfeldlinien ein. Geben Sie im Weiteren davon an, dass das Magnetfeld homogen ist. (1P)

- (b) Wie groß ist die Kraft, wenn sich das Teilchen nun parallel zu den Magnetfeldlinien bewegt ($\vec{E} = 0$)? (1P)

- (b) Gegeben $U = 100 \text{ V}$ und $B = 0,1 \text{ T}$. Welchen Betrag muss \vec{E} haben, so dass die Elektronen geradeaus fliegen? (3P)

- (c) Und wenn es sich senkrecht zu den Feldlinien bewegt ($\vec{E} = 0$)? (1P)

- (c) Angenommen, das Magnetfeld wird nicht durch Helmholtzspulen, sondern durch eine durchgehende Spule mit der Länge $l = 0,1 \text{ m}$ und einer Windungszahl von $n = 500$ erzeugt. Wie groß muss der Strom I gewählt werden, um die $0,1 \text{ T}$ zu erreichen? (2P)

3 Wellen und Elektromagnetismus

3.1 Berechnen Sie die Geschwindigkeit von Protonen, die durch 300 kV beschleunigt wurden! Mit wieviel Prozent der Lichtgeschwindigkeit bewegen sich die Protonen? (4P)

3.2 Welche Kräfte (Formeln und Namen) wirken auf ein geladenes Teilchen in einem elektromagnetischen Feld? (2P)

3.2 Wellengleichung das Magnetfeld ist homogen, $\vec{B} = 0$ und das Teilchen ruht. Wie groß ist die Kraft, die auf das Teilchen wirkt? (1P)

(a) Geben Sie die Wellengleichung für das elektrische Feld \vec{E} einer elektromagnetischen Welle an! Benennen Sie alle Größen! (3P)

(b) Wie groß ist die Kraft, wenn sich das Teilchen nur parallel zu den Magnetfeldlinien bewegt ($\vec{E} = 0$)? (1P)

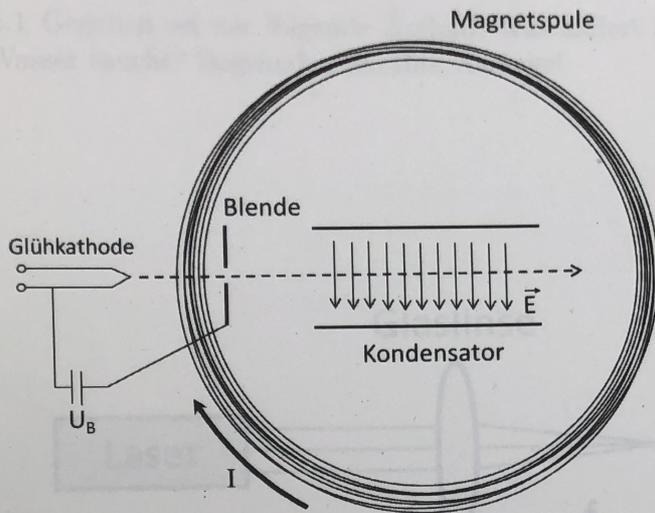
(b) Wie berechnet sich die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum aus der Dielektrizitätskonstante ϵ_0 und der magnetischen Permeabilität μ_0 ? (1P)

(c) Und wenn es sich senkrecht zu den Feldlinien bewegt ($\vec{B} = 0$)? (1P)

(c) Geben Sie die Lösung der Wellengleichung an, die eine ebene harmonische Welle im Vakuum beschreibt. Benennen Sie alle Parameter und Konstanten in der Lösung. (2P)

(d) Wie hängt der Betrag der Amplitude der elektrischen Welle $|\vec{E}_0|$ mit dem der Amplitude der magnetischen Welle $|\vec{B}_0|$ zusammen? (1P)

3.4 Im folgenden Schema ist ein Versuchsaufbau gezeigt, mit dem die spezifische Masse von Elektronen bestimmt werden kann.

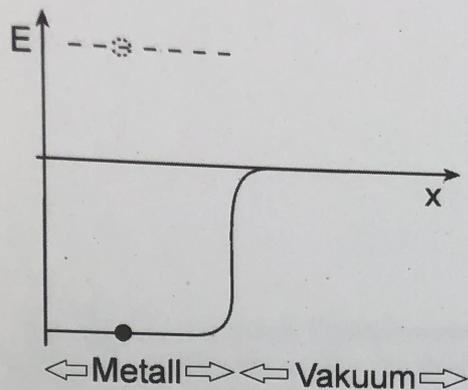


(a) Zeichnen Sie in das Bild die Magnetfeldlinien ein. Gehen Sie im Weiteren davon aus, dass das Magnetfeld homogen ist. (1P)

(b) Es sei $U_B = 1000 \text{ V}$ und $B = 0.1 \text{ T}$. Welchen Betrag muss \vec{E} haben, so dass die Elektronen geradeaus fliegen? (3P)

(c) Angenommen, das Magnetfeld wird nicht durch Helmholtzspulen, sondern durch eine durchgehende Spule mit der Länge $l = 0.1 \text{ m}$ und einer Windungszahl von $n = 500$ erzeugt. Wie groß muss der Strom I gewählt werden, um die 0.1 T zu erreichen? (2P)

- (c) Geben Sie die Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt. Benennen Sie alle auftretenden Größen. Veranschaulichen Sie diese Größen mit Hilfe von Pfeilen im unten stehenden Potentialschema. (7P)

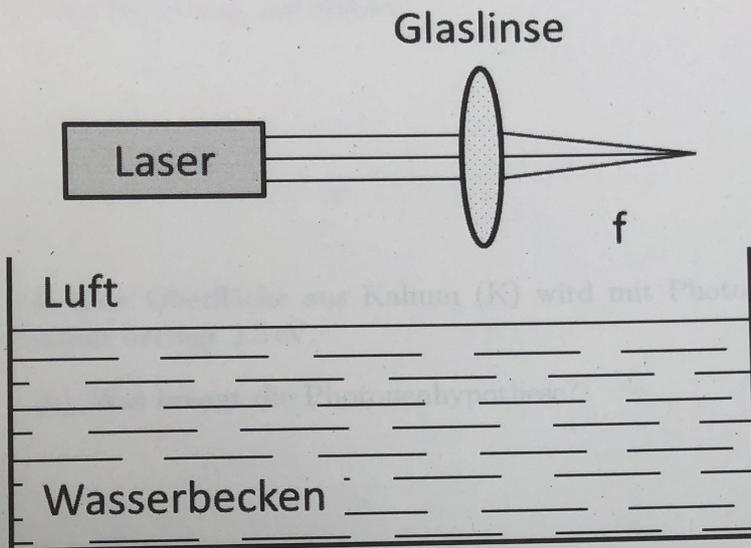


4 Elektromagnetische Strahlung

(2P)

4.1 Gegeben sei der folgende Aufbau. Was ändert sich, wenn man den gesamten Aufbau ins Wasser taucht? Begründen Sie Ihre Aussage!

(2P)



4.2 Wie lauten Reflexions- und Brechungsgesetz (Formeln und Benennung der Größen)? Fertigen Sie eine Skizze an, in der die wichtigen Strahlen und Winkel eingezeichnet und benannt sind.

(5P)

4.3 Unter welchen Bedingungen tritt an Grenzflächen Totalreflexion auf? Wo kann Ihnen dieses Phänomen im Alltag begegnen?

(3P)

5 Aufbau der Materie

5.1 Nennen Sie die 3 *Bohrschen* Postulate (Text und Formeln)!

(3P)

5.2 Welche diskreten Energiewerte hat ein Elektron im Magnesium ${}_{12}\text{Mg}^{11+}$ -Ion (Formel aufschreiben)? Berechnen Sie die drei niedrigsten Energiezustände und stellen Sie die Ergebnisse in einem skalierten Energieniveauschema graphisch dar!

(6P)

5.3 In einer Röntgenröhre mit einer Anode aus Kupfer (Cu: $Z = 29$) werden die Elektronen auf 20 keV beschleunigt.

- (a) Skizzieren Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau der Röntgenröhre und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten. (4P)

- (b) Stellen Sie das Bremsspektrum und das Röntgenfluoreszenzspektrum $I(\lambda)$ von Cu graphisch dar und beschriften Sie beide Spektren! Kennzeichnen Sie die Grenzwellenlänge und die charakteristischen Linien. (3P)

- (c) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Bremsspektrums von Cu! (2P)

- (d) Welche Übergänge werden im Röntgenfluoreszenz-Spektrum mit der K_{α} - und der K_{β} -Linie assoziiert? Berechnen Sie die Energie der K_{α} -Linie von Kupfer in eV! (3P)

- 5.4 Wie nennt man die Kraft, die den Atomkern zusammenhält? In welcher Größenordnung liegt ihre Bindungsenergie und Reichweite? (3P)

- 5.5 Nennen Sie die drei Arten von radioaktiven Zerfällen und geben Sie die genaue Identität der Strahlung an? (3P)

4.4 Wie ist ein schwarzer Körper definiert?

(2P)

4.5 Ein Zimmer soll durch Vorhänge vor dem Aufheizen durch die hereinscheinende Sonnenstrahlung geschützt werden. Welche Vorhänge sind dafür die klügere Wahl: a) weiße oder b) schwarze? Begründen Sie Ihre Entscheidung unter der Annahme, dass beide Vorhänge keine direkte Strahlung durchlassen!

(3P)

4.6 Eine Oberfläche aus Kalium (K) wird mit Photonen bestrahlt. Die Austrittsarbeit von Kalium beträgt 2.5 eV .

(a) Was besagt die Photonenhypothese?

(1P)

(b) Zeichnen Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten.

(3P)

6 Quantengase

18

6.1 Skizzieren und benennen Sie die drei elementaren Prozesse der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Atomen an Hand zweier Energieniveaus! (3P)

6.2 Beschreiben Sie die 3 Bestandteile eines Lasers und ihre Funktion! (6P)

6.3 Ein Laserpointer ($P = 1 \text{ mW}$) emittiert Licht der Wellenlänge 532 nm .

(a) Berechnen Sie die Energiedifferenz beider Laserniveaus in Joule (J). Wie viele Photonen pro Sekunde emittiert der Laserpointer? (3P)

(b) Berechnen Sie das Besetzungsverhältnis der beiden Laserniveaus im thermodynamischen Gleichgewicht bei Raumtemperatur (300 K)! (2P)

(c) Wie groß ist das Besetzungsverhältnis im stationären Laserbetrieb?

(1P)

6.4 Erklären Sie mit Hilfe einer Skizze des Bändermodells die elektronische Struktur von Metallen! Bezeichnen Sie die Energiebänder und deren Besetzung. Tragen Sie die Fermi-Energie E_F und die Austrittsarbeit W_A ein!

(4P)

6.5 Zeichnen Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur von Isolatoren! Bezeichnen Sie die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie E_F und die Bandlücke E_G ein

(4P)

6.6 Worin besteht im Bändermodell der Unterschied zwischen Halbleitern und Isolatoren (1P)