

**Prüfungsklausur in Physik  
für ET  
vom 13.10.2017**

Name:

---

Vorname:

---

Matrikelnr:

---

Tutor:

---

---

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

Aufgabenteil	Punkte		
1(28) Mechanik			
2(24) Thermodynamik			
3(18) Wellen und Elektromagnetismus			
4(32) Elektromagnetische Strahlung			
5(28) Aufbau der Materie			
6(20) Quantengase			
erreichbare Punkte: 150			

**Note:**

## Physikalische Konstanten

---

$$R = 8,31 \text{ m}^3\text{Pa}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$

$$R_y = 13,6 \text{ eV}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k_B = 8,62 \cdot 10^{-5} \text{ eV}\cdot\text{K}^{-1}$$

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

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\epsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ CV}^{-1}\text{m}^{-1}$$

---

### Hinweis:

Bitte schreiben Sie gut lesbar und in Schwarz oder Blau.

Bei Rechenaufgaben muss der Rechenweg nachvollziehbar sein,

ansonsten kann nicht die volle Punktzahl vergeben werden.

# 1 Mechanik

---

1.1 Ein PKW fährt mit einer Geschwindigkeit von  $40 \text{ kmh}^{-1}$ . Bei einer Vollbremsung kommt er nach einer Strecke von 20 m zum Stillstand. Der Bremsvorgang ist als eine gleichförmig beschleunigte Bewegung zu betrachten.

1. Wie groß ist der Bremsweg bei einer Vollbremsung mit einer Geschwindigkeit von  $80 \text{ kmh}^{-1}$ ? (Hinweis: der Luftwiderstand soll vernachlässigt werden.) (4P)

2. Der Fahrer benötigt 1 s (Schrecksekunde), um zu merken, dass er bremsen muss. Wie lang wird dann der Bremsweg (Anhalteweg)? (2P)

1.2 Nennen Sie die drei *Keplerschen* Gesetze! (3P)

**1.3** Eine Punktmasse mit  $m = 100 \text{ g}$  hängt an einem masselosen Faden und rotiert mit einer Geschwindigkeit von  $v = 150 \text{ ms}^{-1}$  im Abstand von  $r = 70 \text{ cm}$  um einen festen Punkt.

1. Berechnen Sie den Drehimpuls! (2P)

2. Was passiert, wenn die Länge des Fadens vergrößert wird und warum? (2P)

3. Welche physikalische Kraft (Name) greift an der kreisenden Punktmasse an? Berechnen Sie diese Kraft! (3P)

**1.4** Welche der folgenden Größen bleiben bei einem elastischen Stoß erhalten: Kinetische Energie, Impuls, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Druck. (2P)

**1.5** Ein Oszillator bestehe aus einem mit einer Feder verbundenen Gewicht der Masse  $1 \text{ kg}$ . Wenn dieses System mit einer Amplitude von  $35 \text{ cm}$  schwingt, wiederholt sich die Bewegung alle  $0,1 \text{ s}$ . Berechnen Sie...

1. ...die Frequenz (2P)

2. ...die Kreisfrequenz (2P)

3. ...die Federkonstante

(2P)

4. ...die maximale Geschwindigkeit

(2P)

5. ...den Betrag der maximalen Kraft, die das Gewicht auf die Feder ausübt.

(2P)

## 2 Thermodynamik

---

**2.1** 10 mol eines idealen Gases stehen bei Raumtemperatur in einem geschlossenen Behälter unter einem Druck von 100 bar.

1. Nennen Sie die 4 Eigenschaften von idealen Gasen! (2P)

2. Wie lautet die Zustandsgleichung eines idealen Gases? Benennen Sie die auftretenden Variablen! (2P)

3. Wie groß ist das Volumen des Gefäßes? (1P)

**2.2** Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ) verhält sich wie ein reales Gas.

1. Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase (Formel)? (1P)

2. Auf welchen 2 Ursachen basiert die Abweichung vom idealen Gas? (2P)
3. Beim Schmelzen von Eis wird kontinuierlich Wärme zugeführt. Wie ändert sich die Temperatur  $T$  als Funktion der zugeführten Wärmemenge  $Q$ ? Stellen Sie den Zusammenhang  $T(Q)$  graphisch dar. Achten Sie auf die richtige Skalierung der  $T$ -Achse (mit Zahlenwerten)! Erklären Sie kurz die unterschiedlichen Teilbereiche! (4P)

**2.3** Eine Fußbodenheizung funktioniert nach dem Prinzip einer Wärmepumpe (WP).

1. Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer WP. Bezeichnen Sie ebenfalls die Temperaturen der Wärmereservoirs. (3P)
2. Wenden sie den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik auf den **obigen** Kreisprozess an für den Fall, dass er **reversibel** verläuft! (2P)

3. Wie definiert man die Gütezahl  $\epsilon$  einer WP allgemein? (1P)
4. Bestimmen Sie  $\epsilon$ , wenn im Erdreich  $-2^\circ\text{C}$  und im Zimmer  $22^\circ\text{C}$  herrschen? (2P)
5. Wie hoch sind Ihre Kosten bei einer Leistungsaufnahme von 200 W, wenn Sie die Heizung ein Jahr lang ohne Unterbrechung betreiben würden. Der Verbrauchertarif liegt derzeit bei  $0.23\text{€}$  pro kWh. (2P)
6. Wieviel Wärme wird insgesamt abgegeben? (2P)



### 3 Wellen und Elektromagnetismus

---

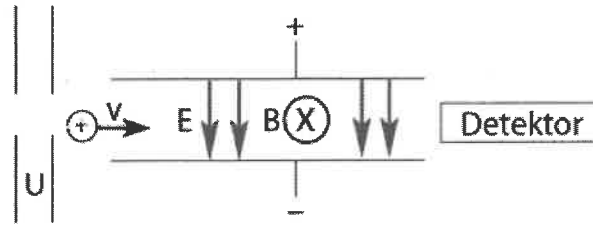
**3.1** Geben Sie die Wellengleichung (1 DIM) und eine mögliche Lösung an! Benennen Sie alle auftretenden Größen! (4P)

**3.2** Zwischen zwei ruhenden entgegengesetzten Ladungen  $\ominus$  und  $\oplus$  im Abstand  $r$  wirkt eine Kraft. Zeichnen Sie die Feldlinien zwischen den beiden Ladungen und geben Sie die Kraft auf die  $\ominus$ -Ladung an! (2P)

**3.3** Zeichnen Sie die Feldlinien  $\vec{B}$  eines geraden stromdurchflossenen Leiters  $\vec{I}$  und geben Sie den Betrag des magnetischen Feldes  $B(r)$  an! (2P)

**3.4** Welche Kräfte wirken auf freie Elektronen im Vakuum, die sich mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  bewegen und gleichzeitig einem elektrischen Feld  $\vec{E}$  und einem magnetischen Feld  $\vec{B}$  ausgesetzt sind (Namen und Formeln)? (3P)

**3.5** Ein Massenspektrometer ist wie im nebenstehenden Bild aufgebaut. Die Ionen der Masse  $m$  und der positiven Ladung  $q$  werden durch die Spannung  $U = 100$  V beschleunigt und fliegen dann, wenn sich die Kräfte durch  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Feld gerade kompensieren, geradeaus zum Detektor. Das  $\vec{B}$ -Feld betrage  $0.5$  T.



1. Welchen Betrag muss das  $\vec{E}$ -Feld besitzen, damit man einfach positiv geladene Ar-Atome mit einer Masse  $m = 6.68 \cdot 10^{-26}$  kg detektiert? (3P)
  
2. Welche Spannung  $U_2$  muss hierzu an den beiden horizontalen Kondensatorplatten anliegen, wenn diese einen Abstand  $d = 1$  mm zueinander haben? (2P)
  
3. Wieviel Ladung  $Q$  sitzt dann auf jeder Platte, wenn diese eine Fläche von  $A = 5$  cm<sup>2</sup> haben? (2P)

## 4 Elektromagnetische Strahlung

---

4.1 Eine ebene Wellenfront mit der Wellenlänge  $\lambda$  trifft auf einen Einfachspalt mit dem Durchmesser  $d$ . Zeichnen Sie für die folgenden drei Fälle die Ausbreitung der Welle vor und hinter dem Spalt, sowie die auf einem Schirm hinter dem Spalt entstehenden Bilder. In welchen Fällen ist die Wellenoptik zu berücksichtigen, in welchen Fällen reicht die Strahlenoptik? (9P)

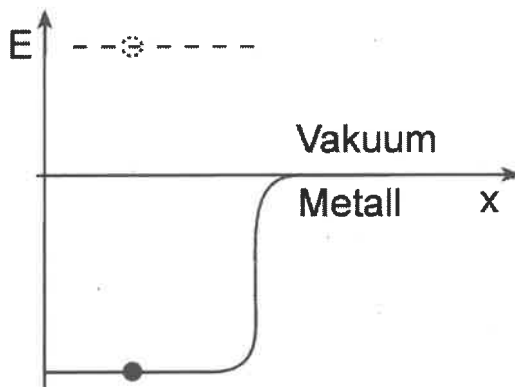
- $\lambda \ll d$

- $\lambda \approx d$

- $\lambda \gg d$

4.2 Skizzieren Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoelektrischeneffekts (Photoeffekt) und bezeichnen Sie alle wichtigen Komponenten! (6P)

4.3 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! (6P)



4.4 Welche Wellenlänge  $\lambda$  müssen die Photonen haben, damit Elektronen aus der Bariumoberfläche herausgelöst werden können? Die Austrittsarbeit von Barium beträgt 1.8 eV. (3P)

4.5 Wie ist ein schwarzer Körper definiert?

(1P)

4.6 Zeichnen Sie das Schwarzkörper-Emissionspektrum der Sonne und der Erde als Funktion der Wellenlänge  $\lambda$  in **ein** Diagramm (Achsenbeschriftung nicht vergessen)! Wie unterscheiden sich beide Himmelskörper hinsichtlich ihrer Temperatur, der Wellenlänge am Emissionsmaximum und der gesamten Emissionsleistung?

(5P)

4.7 Das Maximum der Schwarzkörper-Strahlung der Sonne ( $T = 5800$  K) liegt bei einer Wellenlänge von  $\lambda_{max} = 500$  nm. Bei welcher Wellenlänge liegt das Emissionsmaximum des Planeten Neptun mit einer Oberflächentemperatur von  $-201^\circ\text{C}$ ?

(2P)

## 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)? Berechnen Sie die drei niedrigsten Energiezustände und stellen Sie die Ergebnisse in einem skalierten Energieniveauschema graphisch dar!

(5P)

**5.3** Quantenzahlen

1. Wie viele Elektronen können die 4. Schale ( $n = 4$ ) besetzen? (1P)
2. Worin unterscheiden sie sich? Geben Sie explizit *zwei* beliebige, mögliche Kombinationen von Quantenzahlen an! (3P)

**5.4** In einer Röntgenröhre mit einer Anode aus Kupfer (Cu;  $Z = 29$ ) werden die Elektronen auf 32 keV beschleunigt.

1. Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Bremsspektrums von Cu! (2P)
2. Welche Übergänge werden im Röntgenfluoreszenz-Spektrum mit der  $K_\alpha$ - und der  $K_\beta$ -Linie assoziiert? Berechnen Sie die Energie der  $K_\alpha$ -Linie in eV! (3P)

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

5.6 Wie nennt man die Kraft, die den Atomkern zusammenhält? In welcher *Größenordnung* liegt ihre Bindungsenergie und Reichweite? (2P)

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

5.8 Nach welchem Zeitgesetz erfolgt der radioaktive Zerfall?(Formel) (1P)



5.9 Berechnen Sie die Lebensdauer des radioaktiven  $^{131}\text{I}$ -Isotops, wenn dessen Halbwertszeit 8 Tage beträgt? (2P)

## 6 Quantengase

---

**6.1** Erklären Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur von Metallen! Bezeichnen Sie die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie  $E_F$  und die Austrittsarbeit  $W_A$  ein! (4P)

**6.2** 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)

**6.3** Erklären Sie an Hand des Bändermodells und der Fermi-Verteilung (Formel), weshalb Metalle den elektrischen Strom leiten können und Isolatoren nicht! **(3P)**

**6.4** Worin besteht der Unterschied zwischen Isolatoren und Halbleitern? **(1P)**

**6.5** Berechnen Sie die Besetzungswahrscheinlichkeit der Elektronenzustände eines Halbleiters im Leitungsband (an der oberen Bandkante) und im Valenzband (untere Bandkante) bei 300 K! Die Bandlücke beträgt ein 1 eV. Schätzen Sie die Zahl der Leitungselektronen pro Mol ab. **(4P)**

**6.6** Beschreiben Sie die drei Bestandteile eines Lasers und deren Funktion. **(3P)**

6.7 Wie groß ist das Besetzungsverhältnis zwischen zwei Laserniveaus im stationären Laserbetrieb? (1P)