

**Prüfungsklausur in Physik  
für ET  
vom 25.07.2017**

Name:

Vorname:

Matrikelnr:

Tutor:

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

Aufgabenteil	Punkte		
1(30) Mechanik			
2(26) Thermodynamik			
3(23) Wellen und Elektromagnetismus			
4(31) Elektromagnetische Strahlung			
5(23) Aufbau der Materie			
6(21) Quantengase			
erreichbare Punkte: 154			

**Note:**

## Physikalische Konstanten

---

$$g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

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

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

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

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$$

$$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

$$R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

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

---

### 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 In einen Brunnen der Tiefe  $h = 80$  m fällt ein Stein der Masse  $m = 1$  kg.

1. Wieviel Zeit vergeht, bis Sie das Aufschlagen des Steins auf dem Brunnenboden vernehmen? (2P)

2. Wie hoch sind die Geschwindigkeit und die kinetische Energie des Steins im Moment des Aufpralls? (3P)

1.2 Zur Messung der Entfernung zwischen Erde und Mond wird ein gepulster Laserstrahl auf die Mondoberfläche gerichtet und die Zeit gemessen, die das zurückgestreute Licht benötigt, um wieder zur Erde zu gelangen. Für den Hinweg wird eine Zeit von 1,25 s gemessen. Die Umfänge der Erde und des Mondes betragen 40.070 km bzw. 21.840 km. Die Erde besitzt eine Masse von ca.  $6 \cdot 10^{24}$  kg.

1. Welche Kräfte stehen im System Erde/Mond im Gleichgewicht? (Namen und Formeln) (3P)

2. Wie groß ist der Abstand zwischen Erde und Mond (Mittelpunkt Erde - Mittelpunkt Mond)? (4P)

3. Wie groß ist die Masse des Mondes, wenn der Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems 1.700 km unterhalb der Erdoberfläche liegt? (3P)

**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  $\vec{v}_G = 500$  km·h<sup>-1</sup> verlässt.

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

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

3. Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich beide Kugeln nach dem Stoß? (2P)

4. Welche Größe bleibt nicht erhalten? (1P)

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

1.4 Bei der Bestimmung der Federkonstanten  $D$  einer Schraubenfeder misst man für eine wirkende äußere Kraft  $F = 10 \text{ N}$  eine Verlängerung der Feder um  $z = 7 \text{ cm}$ .

1. Nach welchem Gesetz kann die Federkonstante  $D$  berechnet werden (Name und Formel)? Berechnen Sie  $D$  aus den gegebenen Werten! (3P)

2. Ein Gegenstand mit der Masse  $m = 500 \text{ g}$  wird am Ende der Feder befestigt und in horizontaler Richtung aus der Ruhelage auf einer reibungsfreien Unterlage ausgelenkt. Danach wird der Gegenstand ohne Anfangsgeschwindigkeit losgelassen, sodass er eine ungedämpfte Schwingungsbewegung ausführt. Bestimmen Sie die Schwingungsdauer  $T_0$ , die Eigenfrequenz  $f_0$  und die Eigenkreisfrequenz  $\omega_0$  des Feder-Masse-Systems! (3P)

## 2 Thermodynamik

---

**2.1** In einer Hohlkugel aus Tantal mit einem Volumen  $V = 1 \text{ l}$  befinden sich bei  $T_0 = 300 \text{ K}$  genauso viele  $\text{H}_2$ - wie  $\text{O}_2$ -Moleküle. Der Druck in der Kugel sei  $p_0 = 10^5 \text{ bar}$ . Zur Zeit  $t = 0 \text{ s}$  werde eine Knallgasreaktion  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$  gezündet, die alles  $\text{H}_2$  in  $\text{H}_2\text{O}$  (Wasser) umwandelt. Dabei steige der Druck auf  $p_1 = 4 \cdot 10^5 \text{ bar}$ . Alle Gase werden hierbei als ideale Gase betrachtet.

1. Wieviele  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle befinden sich in der Kugel? (2P)

2. Welche Temperatur hat das Gas? (3P)

**2.2** Tatsächlich zeigen alle Gase Abweichungen vom idealen Verhalten.

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

2. Auf welchen 2 Ursachen basiert die Abweichung vom idealen Gas? (2P)

3. Skizzieren Sie das  $p(T)$ -Diagramm von Wasser (Achsenbeschriftung nicht vergessen)! Bezeichnen Sie alle Phasen und Phasenübergänge! Tragen Sie außerdem den kritischen Punkt  $P_k$  und den Tripelpunkt  $P_T$  ein! Welche physikalische Bedeutung haben  $P_k$  und  $P_T$ ? Welche Eigenschaft des  $p(T)$ -Diagramms zeigt bei Wasser eine Anomalie? (6P)

4. Was versteht man unter dem Dampfdruck? (1P)

**2.3** Ein Stirling-Motor wird als Wärmekraftmaschine (WM) betrieben.

1. Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer WM. 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 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** Geben Sie die Wellengleichung und eine mögliche Lösung an! Benennen Sie alle auftretenden Größen! (3P)

**3.3** Welche Beziehungen bestehen zwischen den folgenden Größen: Wellenlänge, Frequenz, Wellenvektor und Kreisfrequenz? (2P)

**3.4** Stellen Sie graphisch die Auslenkung  $z$  einer ungedämpften Welle in Abhängigkeit von (i) der Zeit  $t$  und (ii) des Ortes  $x$  jeweils in ein eigenes Diagramm dar (Achsenbeschriftung!). Tragen Sie die Amplitude, Periode und die Wellenlänge ein! (4P)

(i)

(ii)

**3.5** Zeichnen Sie die Feldlinien (mit Richtung) einer ruhenden positiven elektrischen Punktladung  $+q$  und eines geraden, vom Strom  $I$  durchflossenen Leiters! Benennen Sie alle Größen! Wie groß sind das elektrische Feld  $\vec{E}$  und das magnetische Feld  $\vec{B}$  im Abstand  $r$  von der Ladung bzw. des Stromes (Formeln!)? (4P)

**3.6** Welche Kraft (Formel und Name) wirkt auf ein Elektron in einem homogenen Magnetfeld, wenn

• das Elektron ruht? (1P)

• sich das Elektron parallel zu den Feldlinien bewegt? (1P)

• sich das Elektron senkrecht zu den Feldlinien bewegt? (2P)

**3.7** Welche Kraft (Formel und Name) wirkt auf eine Ladung in einem homogenen elektrischen Feld? **(2P)**

## 4 Elektromagnetische Strahlung

---

4.1 Ein Lichtstrahl wird beim Auftreffen auf eine Ethanoloberfläche ( $n > 1$ ) an dieser Grenzfläche reflektiert und gebrochen. Wie lauten die Formeln für das Reflexions- und das Brechungsgesetz? (3P)

4.2 Erklären Sie an Hand einer Skizze, wie ein Prisma funktioniert. (2P)

4.3 Wie ist ein schwarzer Körper definiert? (2P)

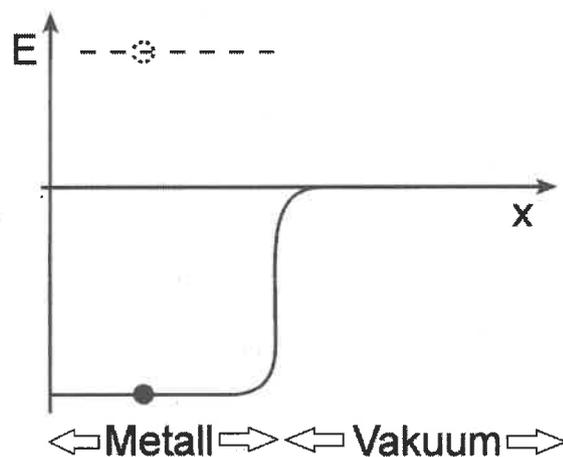
4.4 Wie lautet das *Wien'sche* Verschiebungsgesetz? Das Maximum der Schwarzkörper-Strahlung der Sonne ( $T = 5800$  K) liegt bei einer Wellenlänge von  $\lambda_{max} = 500$  nm. Bei welcher Wellenlänge liegt das Emissionsmaximum von Eis mit einer Oberflächentemperatur von  $0^\circ\text{C}$ ? (3P)

4.5 Eine Oberfläche aus Barium (Ba) wird mit Photonen bestrahlt. Die Austrittsarbeit von Barium beträgt 1.8 eV.

1. Was besagt die Photonenhypothese? (1P)

2. Zeichnen Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie alle wichtigen Komponenten. (6P)

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. Welche Wellenlänge  $\lambda$  müssen die Photonen haben, damit Elektronen aus der Barium Oberfläche herausgelöst werden können? (3P)

4.6 Wie lautet das Stefan-Boltzmann-Gesetz? Der Glühfaden einer Glühlampe, die mit einer Leistung von 80 W betrieben wird, hat eine Länge  $l = 2$  cm und einen Radius  $r = 200 \mu\text{m}$ . Es wird angenommen, dass die gesamte Leistung in Wärmestrahlung umgewandelt wird. Geben sie die Temperatur des Glühfadens an! (5P)

## 5 Aufbau der Materie

---

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

(3P)

5.2 Wie heißen die vier Quantenzahlen, mit denen die Elektronenzustände eines H-Atoms vollständig charakterisiert werden? Welche Werte können sie annehmen?

(4P)

5.3 Wie viele Kombinationen von Quantenzahlen sind für Elektronen der 2. Schale ( $n = 2$ ) möglich? Schreiben Sie diese *explizit* auf! Mit wievielen Elektronen kann das 2. Niveau demzufolge maximal besetzt werden?

(5P)

5.4 Errechnen Sie die Energien der 3 niedrigsten Niveaus eines  ${}^7_3\text{Li}^{2+}$  Ions und tragen Sie diese in ein skaliertes Energieniveauschema ein (Beschriftung nicht vergessen)! (4P)

5.5 In einer Röntgenröhre werden die Elektronen auf 45 keV beschleunigt, bevor sie auf einer Molybdänanode ( $Z = 42$ ) einschlagen. Zeichnen und erklären Sie das emittierte Spektrum. Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Bremsspektrums von Molybdän (Mo)! (7P)

## 6 Quantengase

---

**6.1** Nennen Sie drei Bindungsarten mit Beispiel. Beschreiben Sie den Mechanismus. Wie hoch sind typische Bindungsenergien? (6P)

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

**6.3** Zeichnen Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur eines Halbleiters! Bezeichnen Sie die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie  $E_F$  und die Bandlücke  $E_G$  ein! (4P)

**6.4** Worin besteht im Bändermodell der Unterschied zwischen elektrischen Leitern und Isolatoren? (1P)

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

6.6 Beschreiben Sie die drei Bestandteile eines Lasers und deren Funktion.

(3P)