

**Prüfungsklausur in Physik**  
**für ET (Bc, D), WiIng (D) und TI (D)**  
**vom 18. 07. 2011**

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

Vorname: \_\_\_\_\_

Matrikelnr.: \_\_\_\_\_

Studiengang:      ET-D      ET-Bc      WiIng-D      TI-D  
                                          

Tutor: \_\_\_\_\_ Platznr.: \_\_\_\_\_

Aufgaben		Punkte	
<b>A(33)</b> Mechanik			
<b>B(30)</b> Thermodynamik			
<b>C(21)</b> Wellen und Elektromagnetismus			
<b>D(32)</b> Elektromagnetische Strahlung			
<b>E(27)</b> Aufbau der Materie			
<b>F(17)</b> Quantengase			
erreichbare Punkte ( <b>160</b> )			

**Note:**

## Physikalische Konstanten

---

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

$$G = 6.7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$$

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

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

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

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

$$c_s = 330 \text{ ms}^{-1}$$

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

$$h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$k = 1.3 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$$

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

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

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

# A. Mechanik

---

## 1. Kinematik

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

- (a) Wieviel Zeit vergeht, bis Sie das Aufschlagen des Steins auf dem Brunnenboden vernennen? **(2P)**

- (b) Welche Näherungen wurden verwendet? **(2P)**

- (c) Wie hoch sind die Geschwindigkeit und die kinetische Energie des Steins im Moment des Aufpralls? **(3P)**

## 2. Dynamik der Massepunkte und Kräfte

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 (LIDAR = Light detection and ranging). Für den Hinweg wird eine Zeit von 1.25 s gemessen. Die Umfänge der Erde und des Mondes betragen 40070 km bzw. 21840 km. Die Erde besitzt eine Masse von ca.  $6 \cdot 10^{24}$  kg.

- (a) Welche Kräfte stehen im System Erde/Mond im Gleichgewicht? (Namen und Formeln) **(3P)**

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

- (c) Wie groß ist die Masse des Mondes, wenn der Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems 1700 km unterhalb der Erdoberfläche liegt? **(3P)**

### 3. Erhaltungssätze

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  $\vec{v}_G = 500$  kmh<sup>-1</sup> 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? **(2P)**
- (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)**

#### 4. Schwingungen

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

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

- (b) 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)**

## B. Thermodynamik

---

### 1. Gase

15 mol eines idealen Gases stehen bei Raumtemperatur in einem geschlossenen Behälter unter einem Druck von 150 bar.

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

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

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

### 2. Aggregatzustände

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

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

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

- (c) 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 Teilbereichen! (4P)

### 3. Hauptsätze der Thermodynamik und Kreisprozesse

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

- (a) Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer WP. Bezeichnen Sie ebenfalls die Temperaturen der Wärmereservoirs. (3P)

- (b) Wenden sie den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik auf den **obigen** Kreisprozess an für den Fall, dass er **reversibel** verläuft! (2P)

- (c) Wie definiert man die Gütezahl  $\epsilon$  einer WP allgemein? (1P)



(d) Bestimmen Sie  $\epsilon$ , wenn im Erdreich  $-2^\circ\text{C}$  und im Zimmer  $22^\circ\text{C}$  herrschen? **(2P)**

(e) 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)**

(f) Wieviel Wärme wird insgesamt abgegeben? **(2P)**

#### 4. Tiefe Temperaturen

Tiefe Temperaturen lassen sich mittels adiabatischer Prozesse erzeugen.

(a) Was ist eine adiabatische Zustandsänderung? **(1P)**

(b) Erklären Sie, mit welcher Methode in der Vorlesung Trockeneis hergestellt wurde! Schreiben Sie stichpunktartig auf, was passiert (und warum) und fertigen Sie eine Skizze an! **(5P)**

## C. Wellen und Elektromagnetismus

---

### 1. Lineare Kette

- (a) Geben Sie die Wellengleichung und eine mögliche Lösung an! Benennen Sie die auftretenden Größen! **(3P)**

- (b) Stellen Sie graphisch die Ausbreitung  $z$  einer ungedämpften Welle in Abhängigkeit von *(i)* der Zeit  $t$  und *(ii)* des Ortes  $x$  jeweils in ein eigenes Diagramm (Achsenbeschriftung!). Tragen Sie die Amplitude, Periode und die Wellenlänge ein ! **(5P)**

*(i)*

*(ii)*

### 2. Elektrizität und Magnetismus

Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern

- (a) Zeichnen Sie die Feldlinien eines ruhenden Elektrons  $e^-$  und geben Sie die Feldstärke als Funktion des Abstands  $\vec{r}$  an! **(2P)**

- (b) Zeichnen Sie die Feldlinien eines geraden stromdurchflossenen Leiters  $\vec{I}$  und geben Sie das magnetische Feld  $\vec{B}$  als Funktion des Abstands  $\vec{r}$  an! **(2P)**
- (c) 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)? **(2P)**
- (d) Unter welchen Bedingungen fliegt der Elektronenstrahl geradeaus? **(2P)**
- (e) Elektronen in einem Fadenstrahlrohr, die mit einer Spannung von  $U_B = 100$  V beschleunigt werden, fliegen geradeaus, wenn das Magnetfeld  $B = 8.3 \cdot 10^{-5} \text{ Vsm}^{-2}$  beträgt und an den zwei Feldplatten mit dem Abstand  $r = 2$  cm eine Spannung  $U = 10$  V anliegt. Berechnen Sie das Verhältnis von Ladung und Masse von Elektronen  $e/m$ ! **(5P)**

## D. Elektromagnetische Strahlung

---

### 1. Strahlen- und Wellenoptik

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 Interferenzbilder, die auf einem Schirm hinter dem Spalt beobachtet werden. Bei welchem Fall ist die Wellenoptik zu berücksichtigen? **(7P)**

(a)  $\lambda \ll d$

(b)  $\lambda \gg d$

(c)  $\lambda \approx d$

## 2. Photoeffekt

Eine Bariumoberfläche wird mit Photonen bestrahlt.

- (a) Zeichnen Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten! **(5P)**
- (b) Geben Sie die Einstein-Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt! **(1P)**
- (c) Tragen Sie die Photospannung  $U(\nu)$  als Funktion der Frequenz  $\nu$  auf (Achsenbeschriftung mit Einheiten nicht vergessen)! Geben Sie explizit an, welche Größen aus der Steigung und den Schnittpunkten mit der x- bzw. y-Achse ablesbar sind? **(4P)**
- (d) Können Sie eine Photospannung messen, wenn Sie Barium mit Photonen der Wellenlänge  $\lambda = 300 \text{ nm}$  bestrahlen? Warum? Welches  $\lambda$  dürfen die Photonen gerade noch haben, damit Elektronen emittiert werden? Die Austrittsarbeit beträgt  $1.8 \text{ eV}$ . **(3P)**

### 3. Schwarzkörperstrahlung

- (a) 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 Temperatur, maximal emittierte Wellenlänge und Emissionsleistung? **(6P)**
- (b) Berechnen Sie die Strahlungsleistung einer  $300^\circ\text{C}$  heißen Herdplatte mit einem Durchmesser von  $d = 24\text{ cm}$  unter der Annahme, dass sie sich wie ein schwarzer Körper verhält? **(4P)**
- (c) Bei welcher Wellenlänge liegt das Strahlungsmaximum? (Hinweis: die *Wiensche* Verschiebungskonstante beträgt  $2897,8\ \mu\text{mK}$ .) **(2P)**

## E. Aufbau der Materie

---

### 1. Elektronenhülle

- (a) 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)**

- (b) Wie heißen die vier Quantenzahlen, mit denen die Elektronenzustände eines H-Atoms vollständig charakterisiert werden? Welche Werte können sie annehmen? **(4P)**

- (c) Was besagt das Pauli-Prinzip? **(1P)**

- (d) Wie viele Kombinationen von Quantenzahlen sind für Elektronen der 4. Schale ( $n = 4$ ) möglich? **(1P)**

## 2. Mehrelektronensysteme

In einer Röntgenröhre werden die Elektronen auf 45 keV beschleunigt, bevor sie auf einer Molybdänanode ( $Z = 42$ ) einschlagen.

- (a) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Bremspektrums von Molybdän! (Mo) **(2P)**

- (b) Welcher Übergang wird mit der  $K_\alpha$ -Linie assoziiert? Schreiben Sie die dazugehörigen Hauptquantenzahlen auf! Berechnen Sie die Energie der  $K_\alpha$ -Linie in eV! **(3P)**

- (c) Stellen Sie das Bremspektrum und das Röntgenfluoreszenzspektrum  $I(\lambda)$  von Mo graphisch dar. Bezeichnen sie die Grenzwellenlänge und die charakteristischen Linien. **(2P)**



### 3. Atomkern

- (a) Welche Kraft hält den Kern zusammen? In welcher Größenordnung liegt ihre Stärke und Reichweite? **(3P)**
- (b) Nennen Sie die drei Arten von radioaktiven Zerfälle und geben Sie die genaue Identität der Strahlung an? **(3P)**
- (c) Nach welchem Zeitgesetz erfolgt der radioaktive Zerfall? **(1P)**
- (d) Berechnen Sie die Lebensdauer des radioaktiven  $^{131}\text{I}$ -Isotops, wenn dessen Halbwertszeit 8 Tage beträgt? **(2P)**

## F. Quantengase

---

### 1. Bändermodell

- (a) Warum spalten die atomaren Energieniveaus in einem Kristall zu Bändern auf? **(1P)**
- (b) 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)**
- (c) 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)**

- (d) Erklären Sie an Hand des Bändermodells und der Fermi-Verteilung (Formel), weshalb Metalle den elektrischen Strom leiten können und Isolatoren nicht! **(3P)**
- (e) Worin besteht der Unterschied zwischen Isolatoren und Halbleitern? **(1P)**
- (f) 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)**