

Prüfungsklausur in Physik
für ET (Bc, D), WiIng (D) und TI (D)
vom 24.07.2009

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnr.: _____

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

Tutor: _____ Platznr.: _____

Aufgaben		Punkte	
A(26) Mechanik			
B(33) Thermodynamik			
C(24) Wellen und Elektromagnetismus			
D(30) Elektromagnetische Strahlung			
E(28) Atomare Struktur der Materie			
F(17) Quantengase			
erreichbare Punkte (158)			

Note:

Konstanten

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A. Mechanik

1. Die lineare translatorische Bewegung eines Massepunktes wird durch folgende Größen charakterisiert: Strecke \vec{x} , Geschwindigkeit \vec{v} , Beschleunigung \vec{a} , Masse m , Impuls \vec{p} , Kraft \vec{F} und kinetische Energie E_{kin} . Geben Sie für diese Größen die Formeln der linearen und die entsprechenden Größen und Formeln der Drehbewegung an! **(7+2P)**

lineare Translation	Rotation
\vec{x}	
$\vec{v} =$	$=$
$\vec{a} =$	$=$
m	$=$
$\vec{p} =$	$=$
$\vec{F} =$	$=$
$E_{kin} =$	$=$

2. Bei der Bestimmung der Federkonstanten D einer Schraubenfeder misst man für eine wirkende äußere Kraft $F = 10$ N eine Verlängerung der Feder um $z = 7$ 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 ω_0 des Feder-Masse-Systems! **(4P)**

- (c) Wie lautet die Bewegungsgleichung des Federpendels? **(1P)**

- (d) Welche Lösungen $z(t)$ besitzt die Bewegungsgleichung? **(1P)**

- (e) Was ist der Unterschied zwischen physikalischem und mathematischem Pendel? **(2P)**

3. Jupiter hat einen Umfang von etwa $450\,000 \text{ km}$. Die Fallbeschleunigung g auf dem Jupiter beträgt das 2.5fache der Fallbeschleunigung auf der Erde. Bestimmen Sie daraus den Radius R , die Masse M und die Dichte ρ von Jupiter. **(6P)**

B. Thermodynamik

1. Ideales und reales Gas

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

(b) Mit welcher Gleichung wird der Zustand eines idealen Gases beschrieben? Schreiben Sie die Gleichung auf und benennen Sie alle auftretenden Variablen! **(3P)**

(c) Welchen Druck üben 25 mol Wasserstoffmoleküle (H_2) bei einer Temperatur von 10 K in einem einem Volumen von 1 m^3 auf die Gefäßwände aus? **(2P)**

(d) Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase (Name und Formel)? Auf welchen 2 Ursachen beruht die Abweichung vom idealen Gas? **(4P)**

2. Gaskinetik

- (a) Zeichnen Sie die *Maxwellsche* Geschwindigkeitsverteilung $f(v)$ für (1 mol) H_2 -Moleküle bei tiefer Temperatur T_1 und bei hoher Temperatur T_2 in ein Diagramm (bitte die Achsenbeschriftung nicht vergessen)! Tragen Sie für beide Temperaturen jeweils die wahrscheinlichste Geschwindigkeit v_{max} von H_2 ein! **(3P)**

- (b) Berechnen Sie aus der mittleren kinetischen Energie von gasförmigem H_2 die Geschwindigkeit \bar{v} bei einer Temperatur von 80 K! Ein H-Atom besteht aus einem Proton und einem Neutron, die beide die gleiche Masse m_p besitzen. **(4P)**

3. Kreisprozess Stirling-Motor

- (a) Der Stirling-Motor wird als Wärmekraftmaschine (WKM) betrieben. Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer WKM. Bezeichnen Sie ebenfalls die Temperaturen der Wärmereservoirs. **(3P)**

- (b) Wenden sie den ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik auf den obigen Kreisprozess an für den Fall, dass er **reversibel** verläuft! **(2P)**
- (c) Wie definiert man den Wirkungsgrad einer WKM allgemein? **(1P)**
- (d) Bestimmen Sie den maximal möglichen Wirkungsgrad η , wenn die WKM zwischen 20°C und 1200°C arbeitet? **(2P)**
- (e) Zeichnen und bezeichnen Sie die 4 Schritte des *Stirlingschen* Kreisprozesses, betrieben als WKM, in ein $T - V$ -Diagramm (bitte auf die Umlaufrichtung und die Beschriftung der Achsen achten)! **(5P)**

C. Wellen und Elektromagnetismus

1. Wellenbewegung

- (a) Geben Sie die Wellengleichung und eine mögliche Lösung an! Benennen Sie die auftretenden Größen! **(4P)**

- (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

- (a) Zeichnen Sie die Feldlinien einer ruhenden negativen elektrischen Punktladung $-q$ und eines geraden stromdurchflossenen Leiters I ! Benennen Sie alle Größen! Wie groß sind das elektrische Feld \vec{E} und das magnetische Feld \vec{B} im Abstand \vec{r} von der Ladung bzw. des Stroms (Formeln)? **(4P)**

- (b) 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)? **(4P)**
- (c) Unter welchen Bedingungen fliegt der Elektronenstrahl geradeaus? **(1P)**
- (d) Elektronen, die mit einer Spannung $U_B = 300$ V beschleunigt werden, fliegen geradeaus, wenn das Magnetfeld $B = 6.35 \cdot 10^{-5} \text{ Vsm}^{-2}$ beträgt und an den zwei Feldplatten mit dem Abstand $r = 5$ cm eine Spannung $U = 33$ V anliegt. Berechnen Sie das Verhältnis von Ladung und Masse von Elektronen e/m ! **(6P)**

D. Elektromagnetische Strahlung

1. Wellenoptik

Eine ebene Wellenfront mit der Wellenlänge λ 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? **(6P)**

(a) $\lambda \ll d$

(b) $\lambda \gg d$

(c) $\lambda \approx d$

2. Photoeffekt

- (a) Zeichnen Sie den Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten! **(5P)**

- (b) Geben Sie die Einstein-Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt! Benennen Sie alle auftretenden Größen! Veranschaulichen Sie diese Größen mit Hilfe von Pfeilen im unten stehenden Potentialschema! **(4P)**

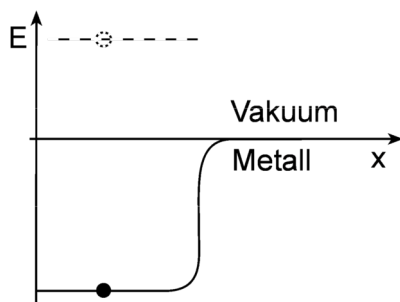


Abbildung 1: Bindungsenergie von Elektronen

- (c) Welche Frequenzbedingung muss erfüllt sein, damit eine Photospannung gemessen werden kann? **(1P)**

- (d) Welche Wellenlänge λ müssen die Photonen haben, damit Elektronen aus einer Kupferoberfläche emittiert werden. Die Austrittsarbeit der Elektronen von Kupfer beträgt 4.4 eV. **(3P)**

3. Schwarzkörperstrahlung

- (a) Zeichnen Sie das Schwarzkörper-Emissionspektrum der Sonne und der Erde als Funktion der Wellenlänge λ in ein Diagramm (Achsenbeschriftung nicht vergessen)! In welchem Spektralbereich liegen die Emissionsmaxima für Sonne und Erde? **(3P)**

- (b) Wie lautet das *Wiensche* Verschiebungsgesetz? **(1P)**

- (c) 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 Jupiter mit einer Temperatur von -108°C ? **(2P)**

(d) Wie lautet das Stefan-Boltzmann-Gesetz?

(1P)

(e) Wie groß ist die Strahlungsleistung einer 300°C heißen Herdplatte mit einem Durchmesser d von 15 cm unter der Annahme, dass sie sich wie ein schwarzer Körper verhält?

(4P)

E. Atomare Struktur der Materie

1. Nennen Sie die 3 *Bohrschen* Postulate (Text und Formeln)! **(3P)**

2. Wasserstoffatom (H-Atom)

(a) Mit welcher Kraft wird das Elektron vom positiv geladenen Kern angezogen? Mit welcher Kraft steht diese im Gleichgewicht (Namen und Formeln)? **(4P)**

(b) Geben Sie die Formel an, mit welcher sich die diskreten Energieniveaus im H-Atom berechnen lassen? **(1P)**

(c) Berechnen Sie die Energien der 3 niedrigsten Niveaus eines H-Atoms und tragen Sie diese in ein skaliertes Energieniveauschema ein (Beschriftung nicht vergessen)! **(4P)**

- (d) Welche elektronischen Übergänge $m \rightarrow n$ werden mit den Emissionslinien der Balmer-Serie assoziiert? Zeichnen Sie einen Übergang in das Energieniveauschema ein! **(2P)**
- (e) Dieser Übergang entspricht der roten Linie aus der Balmer-Serie. Berechnen Sie die Energie des Übergangs! **(2P)**
3. Mit welchen 4 Quantenzahlen können Elektronenzustände eines H-Atoms vollständig charakterisiert werden, und welche Werte können sie annehmen? **(6P)**
4. Was besagt das Pauli-Prinzip? **(1P)**
5. Wie viele Kombinationen von Quantenzahlen sind für Elektronen der 2. Schale ($n=2$) möglich? Schreiben Sie diese auf! Wieviele Elektronen können demzufolge in das 2. Niveau eingebaut werden? **(5P)**

F. Quantengase

1. Bändermodell

- (a) Warum spalten die atomaren Energieniveaus in einem Kristall zu Bändern auf? **(1P)**
- (b) Zeichnen 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) Wieviele Elektronenzustände pro mol haben Alkalimetalle im Leitungsband? **(1P)**
- (d) Wieviele Elektronen pro mol sind bei den Alkalimetallen im Leitungsband vorhanden? **(1P)**

- (e) 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! **(5P)**

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

2. Erläutern Sie das Auftreten von Kontaktspannungen (mit Zeichnung)! **(4P)**