

Prof. Dr. O. Dopfer
Dr. J. Langer

Technische Universität Berlin

Diplomvorprüfung in Physik für Elektrotechniker am 10.10.2008

Name:

Vorname:

Matr. Nr.:

Studiengang: ET Diplom ET Bachelor TI WI

Platz Nr.:

Tutor:

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

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

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

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

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

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

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

$k = 1.4 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

$R_y = 13.6 \text{ eV}$

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

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

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

Aufgabe Nr.	Punkte		
A (30) Mechanik			
B (32) Makrophysik			
C (19) Wellen			
D (28) Elektromagnetische Strahlung			
E (33) Atomare Struktur			
F (20) Quantengase			
Summe (162)			

Note:

A. Mechanik **(30 Pkt)**

1. Ein Stein wird in einen Brunnen geworfen. Nach $t = 10$ s hören Sie den Stein aufschlagen.

a) Wie tief ist der Brunnen? **(2P)**

b) Welche 2 Näherungen haben Sie verwendet? **(2P)**

c) Berechnen Sie die kinetische Energie E_{kin} beim Aufprall, wenn die Masse des Steins $m = 0.6$ kg beträgt. **(3P)**

2. Die Umlaufzeit des Zwergplaneten Eris um die Sonne beträgt 600 Jahre. Das Licht benötigt 9.9 h von der Sonne bis zu Eris.

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

b) Wie groß ist der Abstand r zwischen Eris und Sonne in Meter? **(2P)**

c) Welche Masse M besitzt die Sonne? **(3P)**

3. Eine Gewehr­kugel mit der Masse $m_1 = 1 \text{ g}$ trifft mit einer Geschwindigkeit $v_G = 180 \text{ ms}^{-1}$ auf eine ruhende Kugel aus Knetmasse mit der Masse $m_2 = 200 \text{ g}$.

a) Um welche Art von Stoß handelt es sich? **(1P)**

b) Welche Größen bleiben beim Stoß erhalten und welche nicht? **(2P)**

c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit beider Kugeln nach dem Stoß? **(2P)**

d) Im Versuch *Ballistisches Pendel* hing die Knetkugel an einem Faden und bildete so ein Pendel. Die Geschwindigkeit v_2 wurde bestimmt durch die Messung der Höhe h , bis zu der das Pendel ausgelenkt wurde. Berechnen Sie h mit Hilfe von v_2 aus c)! **(3P)**

4. Dem Rutherford-Bohrschen Atommodell gemäß besteht das Wasserstoffatom aus einem Proton und einem Elektron, welches den Atomkern im Radius r umkreist. Das Elektron mit der Masse $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ hat eine kinetische Energie $E_{kin} = 2.18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ und einen Bahndrehimpuls $L = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$. Berechnen Sie r ! **(3P)**

5. Pendel: Berechnen Sie die Länge eines mathematischen Pendels, welches in einer Sekunde einmal hin und her schwingt. **(3P)**

B. Makrophysik der Materie (32 Pkt)

1. Kinetische Gastheorie

- a) Zeichnen Sie die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung $f(v)$ für ein Gas mit hoher Temperatur T_1 und niedriger Temperatur T_2 in ein Diagramm (Achsenbeschriftung nicht vergessen!). Tragen Sie für beide T die jeweils wahrscheinlichste Geschwindigkeit des Gases ein! **(3P)**

- b) Berechnen Sie für gasförmiges Helium (He) aus der mittleren kinetischen Energie die mittlere Geschwindigkeit v bei einer Temperatur $T = -25\text{ °C}$! (Hinweis: He hat 2 Protonen p und 2 Neutronen n , wobei für die Massen gilt: $m_p = m_n$.) **(3P)**

2. Argon (Ar) wird als ideales Gas behandelt.

- a) Wie lautet die Zustandsgleichung für ideale Gase? **(1P)**
- b) Wieviele Ar-Atome befinden sich in einem Gefäß mit dem Volumen $V = 2\text{ m}^3$ bei Zimmertemperatur $T_0 = 300\text{ K}$ und unter Normaldruck $p_0 = 10^5\text{ Pa}$? **(2P)**

3. Ar wird nun als reales Gas angesehen.
Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase? Auf welchen Ursachen beruht die Abweichung vom idealen Gas? **(3P)**

4. a) Zeichnen Sie das p - T Phasendiagramm von Wasser (H_2O).
Bezeichnen Sie die einzelnen Phasen und Phasenübergänge,
den Tripelpunkt T und den kritischen Punkt K ! **(4P)**

b) Worin besteht die Anomalie des H_2O ? **(1P)**

c) Was beobachtet man beim Versuch „Regelation des Eises“?
Erklären Sie, was unter und über dem Draht passiert und
zeichnen Sie die relevanten Phasenübergänge in ein p - T
Diagramm. **(4P)**

5. Eine Fußbodenheizung wird als Wärmepumpe betrieben.

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

b) Wenden Sie den ersten und zweiten Hauptsatz auf **obigen**
Kreisprozess an unter der Annahme, dass er **reversibel**
verläuft (Formeln). **(2P)**

c) Wie ist die Gütezahl ε definiert? Bestimmen Sie ε der Wärmepumpe, wenn $T = 4\text{ °C}$ im Erdreich und $T = 24\text{ °C}$ im Zimmer herrschen. **(3P)**

6. Wie groß ist die molare Wärmekapazität C_V von H_2 bei folgenden Temperaturen T . Welche Bewegungsfreiheitsgrade sind jeweils angeregt?

a) $T = 10\text{ K}$ **(1P)**

b) $T = 1000\text{ K}$ **(1P)**

c) $T = 10\,000\text{ K}$ **(1P)**

C. Wellen **(19 Pkt)**

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

b) Zeichnen Sie die Ausbreitung einer („ungedämpften“) Welle in Abhängigkeit (i) der Zeit t und (ii) des Ortes x in jeweils ein eigenes Diagramm! Tragen Sie auch Periode und die Wellenlänge ein. **(4P)**

2. Ein Krankenwagen fährt bei eingeschalteter Sirene mit einer Geschwindigkeit $v = 140 \text{ kmh}^{-1}$ an Ihnen vorbei. Die Schallgeschwindigkeit ist $c_s = 330 \text{ ms}^{-1}$ und die Sirene erzeugt einen Ton mit der Frequenz $\nu = 10 \text{ kHz}$. Welche Frequenzen hören Sie, wenn der Wagen

a) auf Sie zufährt, **(2P)**

b) sich genau auf Ihrer Höhe befindet? **(1P)**

c) Welcher Effekt liegt diesem Verhalten zu Grunde? (Name) **(1P)**

3. Wie schnell ist ein Elektron, welches durch eine Spannungsdifferenz von $U = 1.8 \text{ kV}$ beschleunigt wird? **(2P)**

4. Mit welcher Kraft wirkt ein homogenes Magnetfeld auf ein geladenes Teilchen,

a) wenn das Teilchen im Magnetfeld ruht? **(1P)**

b) wenn sich das Teilchen parallel zu den Feldlinien bewegt? **(1P)**

c) wenn sich das Teilchen senkrecht zu den Feldlinien bewegt? (Name und Formel) **(2P)**

5. Wie groß ist das magnetische Feld H im Abstand r des elektrischen Leiters mit dem Gleichstrom I ? Wie verlaufen die Feldlinien (Skizze)? **(2P)**

D. Elektromagnetische Strahlung **(28 Pkt)**

1. Strahlenoptik:

a) Wie lauten das Reflexionsgesetz und das Snelliussche Brechungsgesetz? (Formeln) **(2P)**

b) Illustrieren Sie beide Gesetze an Hand einer Skizze beim Übergang von Luft \rightarrow Glas. Zeichnen Sie die in den Formeln verwendeten Winkel ein! **(2P)**

c) Unter welcher Bedingung kann Totalreflexion auftreten? Berechnen Sie den Grenzwinkel beim Übergang von Glas \rightarrow Luft (Hinweise: $n_G = 1.52$ und $n_L = 1.0003$). **(3P)**

2. Photoeffekt:

a) Erklären Sie den Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts an Hand einer Skizze und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten. **(4P)**

b) Geben Sie die Einstein-Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt! Bezeichnen Sie alle darin auftretenden Größen! **(4P)**

b) Welche Frequenzbedingung muss erfüllt sein, damit eine Photospannung beobachtet wird? **(1P)**

c) Eine Natriumoberfläche (Austrittsarbeit $W_A = 2,28$ eV) wird mit Licht bestrahlt. Welche Wellenlänge müssen die Photonen haben, um Elektronen aus dem Metall herauszulösen? **(2P)**

d) Welchen Einfluss hat die Intensität des Lichts auf die Photospannung? **(1P)**

3. Zeichnen Sie das Schwarzkörper-Emissionsspektrum der Sonne und der Erde in Abhängigkeit der Wellenlänge λ in ein Diagramm. Beschriftung der Achsen nicht vergessen! Welche Unterschiede hinsichtlich T , λ_{max} und Fläche sind den den Spektren zu entnehmen? **(5P)**

4. Der Glühfaden einer Glühlampe, die mit einer Leistung von $P = 80$ W betrieben wird, hat eine Länge $l = 1$ cm und einen Radius $r = 200$ μm . Es wird angenommen, dass die gesamte Leistung in Wärmestrahlung umgewandelt wird. Geben Sie die Temperatur des Glühfadens an. **(4P)**

E. Atomare Struktur der Materie

(33 Pkt)

1. Was besagen die drei Bohrschen Postulate (Text und Formel)?
(3P)

b) Zeichnen und erklären Sie die Strom-Spannungskennlinie! **(3P)**

2. Franck-Hertz-Versuch:

a) Beschreiben Sie den Versuchsaufbau an Hand einer
Zeichnung! **(3P)**

c) Welche Bohrschen Postulate werden bestätigt? **(1P)**

3. Was versteht man unter der de Broglie-Wellenlänge λ und wie
ist sie definiert? (Text und Formel) **(1P)**

a) Berechnen Sie λ eines Protons mit der Geschwindigkeit von $v = 3 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$! **(2P)**

b) Berechnen Sie λ eines Elektrons, welches die gleiche Geschwindigkeit besitzt. **(1P)**

c) Wie groß muss der Gitterabstand d eines Beugungsgitters ungefähr sein, um mit Elektronen Interferenzexperimente durchzuführen? **(1P)**

4. Welche diskreten Energiewerte hat ein Elektron in einem ${}^4\text{Be}^{3+}$ -Ion (Formel)? Berechnen Sie die Energien der niedrigsten zwei Energiezustände! **(3P)**

5. In einer Röntgenröhre mit einer Cu-Anode ($Z = 29$) werden die Elektronen auf 45 keV beschleunigt.
a) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Röntgenbremspektrums! **(2P)**

b) Welcher Übergang wird mit der K_{α} -Linie assoziiert? Berechnen Sie die Energie (in eV) und Wellenlänge (in nm) der K_{α} -Linie!
(5P)

c) Zeichnen Sie das Röntgenspektrum $I(\lambda)$ von Cu! Tragen Sie die Grenzwellenlänge λ_{\min} und K_{α} -Linie ein!
(3P)

6. Um welche Bindungsart handelt es sich bei den folgenden Stoffen?

a) H_2 (= H-H, molekularer Wasserstoff): **(1P)**

b) NaCl (= Na-Cl, Natriumchlorid): **(1P)**

c) Zn (= Zn-Zn, Zink): **(1P)**

d) $(H_2O)_2$ (= H_2O - H_2O , Wasser-Dimer): **(1P)**

e) Ar_2 (= Ar-Ar, Argon-Dimer): **(1P)**

F. Quantengase

(20 Pkt)

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

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

2. Ein He-Ne-Laser emittiert Licht von einer Wellenlänge $\lambda = 1150 \text{ nm}$.

a) Bestimmen Sie die Energiedifferenz beider Laserniveaus in eV! **(2P)**

c) Wie groß ist das Besetzungsverhältnis im Laserbetrieb? **(1P)**

3. Welchem Zeitgesetz folgt der spontane Zerfall angeregter Atome? Wieviel Zeit $T_{1/2}$ vergeht, bis sich die Anzahl angeregter Atome halbiert hat, wenn die Lebensdauer des angeregten Zustandes $\tau = 0.1 \text{ ns}$ beträgt? **(3P)**

4. Bändermodell:

a) Zeichnen Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur von Metallen. Bezeichnen Sie namentlich die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie E_F und Austrittsarbeit W_A ein. **(4P)**

b) Zeichnen Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur von Isolators. Bezeichnen Sie namentlich die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie E_F und Bandlücke E_G ein. **(4P)**

5. Welche Größe unterscheidet zwischen Isolator und Halbleiter?

(1P)