

Prof. Dr. F. Melchert  
 Prof. Dr. G. von Oppen  
 Dr. S. Kröger  
 Dipl.-Phys. Th. Ludwig  
 Dipl.-Phys. R. Jung  
 Technische Universität Berlin

Name: \_\_\_\_\_  
 Vorname: \_\_\_\_\_  
 Matr. Nr.: \_\_\_\_\_  
 Studiengang: \_\_\_\_\_  
 Platz Nr.: \_\_\_\_\_  
 Tutor: \_\_\_\_\_

**Diplomvorprüfung in Physik für Elektrotechniker am 6.4.2004**

Aufgabe Nr.	Punkte		
A (20) Mechanik			
B (21) Wärmelehre			
C (24) Wellen			
D (15) Strahlen- optik			
E (12) Atomphysik			
F (20) Elektronen in Kristallen			
Summe (112)			

Note:

**A. Erhaltungssätze der Mechanik** - 1 -  
**(20 Punkte)**

1. Ein Planet der Masse  $M$  befindet sich zur Zeit  $t$  am Ort  $\vec{r}(t)$  im Gravitationsfeld  $\vec{F}(\vec{r})$  der Sonne ( $\vec{r}_s = 0$ ) und hat dort die Geschwindigkeit  $\vec{v}(t)$ . (4 P)  
 Wie groß ist
  - a) der Impuls
  - b) der Drehimpuls
  - c) die kinetische Energie
  - d) die potentielle Energie des Planeten?
  
2. Unter welcher Bedingung bleibt (3 P)
  - a) der Impuls
  - b) der Drehimpuls
  - c) die Energie eines Körpers konstant?
  
3. Welche Erhaltungssätze gelten für die Planetenbewegung? (2 P)  
 Warum?

4. Eine Kugel A mit der Masse  $m$  stößt elastisch auf eine gleichartige ruhende Kugel B,  
a) Welche Größen bleiben beim Stoß erhalten? (1 P)  
b) Zeigen Sie, dass die Kugeln sich nach dem Stoß senkrecht zueinander bewegen! (3 P)  
c) Unter welcher Bedingung ruht Kugel A nach dem Stoß? (1 P)
5. Eine Person A sitzt auf einem Drehstuhl und hält ein im Uhrzeigersinn rotierendes Rad mit vertikal stehender Achse. Was geschieht, wenn A  
a) die Achse in die Horizontale dreht? (3 P)  
b) die Achse um  $180^\circ$  dreht?  
c) die Rotationsbewegung abbremst?
6. Begründen Sie Ihre Antworten zu Aufgabe 5! (3 P)

## **B. Wärmelehre** (21 Punkte)

1. a) Was zeichnet ein ideales Gas aus? (2 P)
- b) Wie lautet die Zustandsgleichung für ideale Gase? Benennen Sie die in der Gleichung auftretenden Größen. (1 P)
- c) Was unterscheidet reale Gase von idealen Gasen? (2 P)
- d) Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase (van-der-Waals-Gl.)? Welche physikalische Bedeutung haben die zusätzlichen Konstanten? (2 P)

2. Welche Wärmemenge (Angabe in der alten Einheit cal und der **SI** Einheit J) ist nötig, um 1 g Wasser um 1°C zu erhöhen? **(1 P)**

3. Welchen Wasserdurchsatz pro Zeit erreicht man mit einem elektrischen Durchlauferhitzer, wenn er an einer mit 16 A abgesicherten normalen Netzsteckdose hängt und man mit 40°C heißem Wasser zufrieden ist bei einer Leitungswassertemperatur von 10° C? **(5 P)**

4. a) Unter welchen Bedingungen handelt es sich bei einer thermodynamischen Zustandsänderung um einen Kreisprozess? **(1 P)**

b) Zeichnen Sie das Flussdiagramm für eine Wärmekraftmaschine und beschriften Sie es. **(2 P)**

c) Welche Aussagen ergeben sich aus den beiden Hauptsätzen der Wärmelehre für die im Flussdiagramm auftretenden Größen? **(2 P)**

d) Wie ist der Wirkungsgrad allgemein definiert? **(1 P)**

e) Wie groß ist der maximale Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine, deren heißes Wärmereservoir auf  $T_1 = 100^\circ\text{C}$  geheizt wird und die bei einer Umgebungstemperatur von  $T_2 = 20^\circ\text{C}$  betrieben wird? **(2 P)**

**C. Wellen** **(24 Punkte)**

1. Man gebe die Lösung der Wellengleichung für eine ebene monochromatische Welle an und erläutere die darin auftretenden Größen! **(3 P)**
2. Auf einer Flöte wird der Kammerton mit der Frequenz  $\nu = 440$  Hz gespielt.  
a) Welche Länge muss die Flöte mindestens haben? Begründen Sie die Antwort! **(2 P)**
- b) Welche Frequenz hört man, wenn bei gleicher Einstellung die Flöte statt in Luft in einer Heliumatmosphäre gespielt wird? Schätzen Sie die Frequenz unter der Annahme ab, dass sowohl Luft ( $N_2$ -Moleküle des Isotops  $^{14}N$ ) als auch Helium als ideale Gase betrachtet werden! **(4 P)**
3. Der Flötenspieler steht auf einem mit der Geschwindigkeit  $v = 10$  m/s bewegten Wagen. Welchen Ton (Frequenz) hört ein neben der Fahrbahn stehender Hörer, während der Wagen auf ihn zufährt? Begründung? **(3 P)**
4. Skizzieren Sie den Feldverlauf einer linear polarisierten ebenen elektromagnetischen Welle entlang der Ausbreitungsrichtung! **(3 P)**
5. Mit welcher Geschwindigkeit breitet sich die Welle aus? **(1 P)**

6. Die Intensität der Welle sei  $I = 1 \text{ kW/m}^2$ . Wie groß sind die elektrische und die magnetische Feldstärke?  
( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot \text{s}/(\text{A} \cdot \text{m})$ ;  $\epsilon_0 = 0,89 \cdot 10^{-11} \text{ A} \cdot \text{s}/(\text{V} \cdot \text{m})$ )

(4 P)

7. Ein mit  $U_B = 10 \text{ kV}$  beschleunigter Elektronenstrahl trifft senkrecht auf eine Graphitfolie, in der benachbarte Atome etwa einen Abstand von  $d = 2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  haben.  
( $m_p/m_e = 1836$ ,  $m_p = 1/N_A \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ )

a) Berechnen Sie die Wellenlänge des Elektronenstrahls.

(2 P)

- b) Unter welchem Winkel beobachtet man näherungsweise das erste Beugungsmaximum?  
Begründen Sie Ihre Antwort, indem Sie die Beugung der Elektronenwellen an benachbarten Atomen wie eine Beugung am Doppelspalt behandeln!

(4 P)

## D. Strahlenoptik

**(15 Punkte)**

1. Wie lauten Reflexionsgesetz und Snelliussches Brechungsgesetz? Erklären Sie die Formeln anhand einer Skizze, in der Sie die auftretenden Winkel bezeichnen.

(3 P)

2. Unter welcher Bedingung tritt an einer Grenzfläche Totalreflexion auf? Wie berechnet sich der Grenzwinkel?

(2 P)

3. Erläutern Sie anhand einer Skizze, wie ein Lichtleiter funktioniert.

**(2 P)**

6. Wie errechnet sich die Winkelvergrößerung des Fernrohrs? **(1 P)**

4. Skizzieren und erläutern Sie den Strahlengang einer Lupe.

**(2 P)**

7. Zwei Sterne mit einem Winkelabstand von  $11'' \approx 0.5 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$  sollen mit dem Fernrohr getrennt beobachtet werden können. Welche Bedingung ergibt sich daraus für die Konstruktion des Fernrohrs?

**(2 P)**

5. Zeichnen und erläutern Sie den Strahlengang eines Fernrohrs.

**(3 P)**

**E. Atomphysik** (12 Punkte)

1. Erläutern Sie die Bohrschen Postulate. (2 P)
2. Welche Quantenzahlen bezeichnen die Elektronenzustände eines Wasserstoffatoms? (1 P)
3. Was besagt das Pauli-Prinzip? (1 P)
4. Ein zweifach geladenes Lithium-Ion hat wie das H-Atom nur ein Elektron. Welche diskreten Energiewerte hat das Elektron in einem  $\text{Li}^{2+}$ -Ion (Formel)? (1 P)
5. In einer Röntgenröhre mit einer Molybdän-Anode ( $Z=42$ ) werden die Elektronen auf 50 keV beschleunigt.
  - a) Berechnen Sie die Grenzfrequenz des Röntgenspektrums. (1 P)
  - b) Berechnen Sie die Position der  $K_{\alpha}$ -Linie. (2 P)

**F. Elektronen in Kristallen** **(20 Punkte)**

- |   |              |   |              |
|---|--------------|---|--------------|
| 6. Nennen Sie einen Versuch zur Demonstration<br>a) der Welleneigenschaft der Elektronen. | <b>(2 P)</b> | 1. Wie ist die Beweglichkeit $\mu$ der Elektronen definiert?  | <b>(1 P)</b> |
| b) der Teilcheneigenschaft des Lichtes.   |              | 2. Wie ändert sich die Beweglichkeit $\mu$ mit zunehmender Temperatur des Kristalls? Bitte begründen Sie Ihre Antwort!  | <b>(2 P)</b> |
| 7. Erläutern Sie den Compton-Effekt anhand einer Skizze.                                  | <b>(2 P)</b> | 3. Geben Sie eine Beziehung zwischen der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit $\sigma$ und der Beweglichkeit $\mu$ der Elektronen an!                        | <b>(1 P)</b> |
|   |              | 4. Erklären Sie mit Hilfe des Bändermodells die hohe elektrische Leitfähigkeit der Metalle! Was ist die Austrittsarbeit, was ist die Fermienergie? (Zeichnung)! | <b>(3 P)</b> |

5. Wieviele Elektronenzustände pro mol haben Alkalimetalle im Leitungsband? Wieviele Elektronen pro mol befinden sich bei den Alkalimetallen im Leitungsband?

**(2 P)**

8. Wie entstehen Thermospannungen?

**(1 P)**

6. Stellen Sie die Fermi-Verteilung für die Besetzungswahrscheinlichkeit der Elektronenniveaus bei  $T = 0 \text{ K}$  und  $T = 300 \text{ K}$  dar! (Zeichnung!).

**(3 P)**

9. Zeichnen Sie die Bandstruktur eines Eigenhalbleiters (mit Skalierung der Energieskala)!

**(2 P)**

7. Erklären Sie das Auftreten von Kontaktspannungen!

**(2 P)**

10. Wie groß ist die Besetzungswahrscheinlichkeit der Elektronenzustände im Leitungsband (an der unteren Bandkante) und derjenigen im Valenzband (an der oberen Bandkante) eines Eigenhalbleiters, wenn die Energielücke  $\Delta E_G = 1 \text{ eV}$  und die Temperatur  $T = 300 \text{ K}$  beträgt. Schätzen Sie die Zahl der Leitungselektronen pro mol ab!

**(3 P)**

