

Prof. Dr. A. Hese  
 Prof. Dr. G. v. Oppen  
 Dipl.-Phys. G. Hoheisel  
 Dipl.-Phys. R. Jung  
 Technische Universität Berlin

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

**Diplomvorprüfung in Physik für Elektrotechniker am 17.10.2003**

Aufgabe Nr.	Punkte		
A (18) Mechanik			
B (24) Wärmelehre			
C (24) Wellen			
D (16) Quanten-physik			
E (16) Laser			
F (11) Bändermodell			
Summe (109)			

Note:

**A. Mechanik**

- 1 -  
**(18 Punkte)**

1. Wie lauten die Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung? **(3 P)**
  
2. In welchem Bezugssystem gelten diese Gesetze? **(2 P)**  
 Mit welchen Bezugskörpern wird dieses Bezugssystem fixiert?
  
3. Welche Kräfte zwingen die Planeten auf ihre Bahnen?  
 Geben Sie das zugrundeliegende Kraftgesetz an. **(2 P)**

4. Welche Bewegungsgleichung ergibt sich damit für die Planeten?

(2 P)

7. Am 28. August 2003 hatte der Mars von der Erde etwa den kleinst möglichen Abstand  $d_{\min} \approx 56 \cdot 10^6$  km. Vorher gab es diese Konstellation zum letzten Mal vor etwa 50 000 Jahren! Zeichnen Sie die derzeitigen Bahnen der beiden Planeten relativ zueinander und zur Position der Sonne! (Sie dürfen dabei annehmen, dass die Bahnen in derselben Ebene liegen). Wo auf diesen Bahnen befanden sich die beiden Planeten am 28.8.2003?

(3 P)

5. Berechnen Sie mit der Bewegungsgleichung die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  eines Planeten, der sich auf einer Kreisbahn bewegt! Welches der Keplerschen Gesetze haben Sie damit (für Kreisbahnen) bestätigt?

(2 P)

8. Nach den Keplerschen Gesetzen sollte die relative Lage der Planetenbahnen zeitlich konstant sein. Tatsächlich ändert sie sich im Laufe von Jahrtausenden. Welche Wechselwirkungen, die in der Bewegungsgleichung für die Keplerschen Planetenbahnen unberücksichtigt bleiben, dürften Ihrer Meinung nach diese Abweichung von den Keplerschen Bahnen verursachen?

(2 P)

6. Das Marsjahr ist etwa doppelt so lang wie das Erdjahr. Was folgt daraus für die Bahnen von Mars und Erde?

(2 P)

**B. Wärmelehre** (24 Punkte)

1. Was ist ein ideales Gas? (2 P)
2. Welche Zustandsgrößen charakterisieren den Zustand eines Gases im thermischen Gleichgewicht? Geben Sie ihre SI-Einheiten an! (2 P)
3. Wie lautet die Zustandsgleichung eines idealen Gases? (1 P)
4. Welche Eigenschaften der Atome realer Gase bedingen, dass sich reale Gase anders verhalten als ideale Gase? Geben Sie eine geeignete Zustandsgleichung für reale Gase an! (3 P)
5. Wie berechnet sich die mittlere kinetische Energie der Atome eines idealen bzw. realen Gases? (2 P)
6. Wie viele Atome enthält 1 mol eines Gases? (1 P)
7. Wie berechnet sich die innere Energie  $U$  von 1 mol eines idealen bzw. realen Gases? (2 P)

8. Beschreiben und erläutern Sie den Joule-Thomson-Versuch (Zeichnung). Wie ändert sich die Temperatur des Gases, wenn man dabei ein ideales Gas verwendet? **(4 P)**

10. Warum ändert sich die Temperatur, wenn der Joule-Thomson-Versuch mit realen Gasen durchgeführt wird? **(2 P)**

9. Wie ändert sich die Temperatur des Gases, wenn man dabei ein ideales Gas verwendet? Begründen Sie Ihre Aussage, indem Sie den 1. Hauptsatz der Wärmelehre auf den Joule-Thomson-Prozess anwenden! **(4 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. **(2P)**
  - a) Welche Länge muss die Flöte mindestens haben? Begründen Sie Ihre Antwort!
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  - 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 ( $\text{N}_2$ -Moleküle des Isotops  $^{14}\text{N}$ ) als auch Helium, ideale Gase sind! **(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! **(1 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)**

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)**

7. Ein mit  $U_B = 10 \text{ kV}$  beschleunigter Elektronenstrahl trifft senkrecht auf eine Graphitfolie, in der benachbarte Atome etwa einen Abstand  $d = 2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  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)**

**D. Quantenphysik** **(16 Punkte)**

1. Was besagt die Photonenhypothese? **(1 P)**

2. a) Skizzieren Sie den Aufbau einer Röntgenröhre. **(2 P)**

b) Wozu dient die Anodenspannung? **(1 P)**

c) Skizzieren Sie die spektrale Verteilung des Röntgenspektrums. **(2 P)**

d) Bestimmen Sie den Wellenlängenbereich des Röntgenspektrums für dem Fall, dass  $U_A = 30 \text{ kV}$  ist und die Anode aus  $M_O$  ( $Z = 42$ ) besteht. **(2 P)**

e) Welche Strukturen des Röntgenspektrums werden durch die Wahl des Anodenmaterials bestimmt? **(1 P)**

f) Wie kommen diese Strukturen zustande?

**(2 P)**

3. Wie lässt sich das Röntgenspektrum spektral zerlegen?

**(1 P)**

g) Berechnen Sie die Photonenenergie der  $K_\alpha$ -Linie bei Verwendung einer  ${}_{42}\text{Mo}$ -Anode.

**(3 P)**

h) Wie ändert sich das Röntgenspektrum, wenn die Anodenspannung erhöht wird?

**(1 P)**



**E. Laser** (16 Punkte)

1. Erläutern Sie anhand von Skizzen, was bei den Vorgängen der Absorption, spontaner Emission und induzierter Emission eines Photons passiert. (3 P)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Photon  
a) von einem Atom absorbiert werden kann? (1 P)  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
b) einen Emissionsprozess induzieren kann? (1 P)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. Das Licht einer Natriumlampe wird auf den Natriumdampf einer Gasflamme (1500 K) gestrahlt.  
a) Schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit ab, mit der die Na-Atome im angeregten Zustand (Anregungsenergie ca. 2 eV) sind! (3 P)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
b) Welcher Prozess überwiegt: Absorption oder induzierte Emission? (1 P)  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
c) Unter welcher Voraussetzung würde der Na-Dampf als Lichtverstärker wirken? 1 P)

4. Nehmen Sie an, Sie hätten ein aktives Medium, das Licht verstärkt. Wie können Sie damit einen Laser bauen (Skizze und Erläuterung)?

**(4 P)**

5. Die Austrittsöffnung eines Lasers für blaues Licht habe einen Durchmesser  $d = 1 \text{ mm}$ . Schätzen Sie ab, wie groß mindestens die Divergenz des Laserstrahls (Öffnungswinkel des Lichtkegels) ist!

**(2 P)**

**F. Bändermodell** (11 Punkte)

1. a) Warum spalten in einem Kristall die atomaren Energieniveaus zu Bändern auf? (1 P)

b) Wie viele Elektronenzustände hat ein aus N Atomen bestehender Natriumkristall im Leitungsband? (1 P)

c) Wie viele Elektronen befinden sich im Leitungsband? (1 P)

2. Zeichnen Sie das Energieniveauschema eines Isolators und erklären Sie, warum der Kristall als Isolator wirkt. (3 P)

3. Wie errechnet sich die Wahrscheinlichkeit, dass sich Elektronen im Leitungsband befinden? (1 P)

4. Zeichnen Sie das Energieniveauschema eines elektrischen Leiters und erklären Sie, warum der Kristall als elektrischer Leiter wirkt! (2 P)

5. Erklären Sie das Auftreten von Kontaktspannungen! (2 P)

