

Klausur zur Experimentalphysik III

Dauer: 90 Minuten, Gesamtpunktzahl 35 (32 + 3 Sonderpunkte), Hilfsmittel: Taschenrechner, Bestanden: ab 16 Punkte

Aufgabe 1: Grundwissen (Formel und ggf. Zahlenwert) [3 Punkte]

- Wie ist die Enthalpie definiert? (Formel).
- Wie groß ist die de-Broglie Wellenlänge von Neutronen der kinetischen Energie 10 meV?
- Wie groß ist die Energie eines Photons mit der Wellenzahl (Betrag des Wellenvektors) 20000cm^{-1} ?

Aufgabe 2: Grundwissen (Zeichnen Sie eine kleine Skizze mit Beschriftung der Achsen!) [3+3+3 Punkte]

- Skizzieren Sie in einem p-V Diagramm die Isothermen und Adiabaten von Wasser und beschriften Sie sie. Wie lautet die Adiabaten Gleichung $p(V)$ für Wasser? Berechnen Sie den Adiabatenexponenten!
- Skizzieren Sie den Aufbau einer Röntgenröhre. Skizzieren Sie daneben das Emissionsspektrum $I(E)$ einer Röntgenröhre, die mit der Spannung $U_B = 3 h\nu_{\text{char}} / e$ betrieben wird, als Funktion der Photonenenergie E . Dabei ist ν_{char} die Frequenz der charakteristischen K_α Linie von Kupfer und e die Elementarladung. Achten Sie dabei auf die relative Position aller wesentlichen Energien. Skizzieren Sie in das gleiche Diagramm als gepunktete Linie das Spektrum der gleichen Röhre bei der gleichen Stromstärke aber niedrigerer Spannung $U_B = 0.5 h\nu_{\text{char}} / e$
- Skizzieren die Schwingungsamplitude, die ein Mikrofon als Funktion der Zeit registriert, nachdem in der Nähe eine Stimmgabel der Frequenz $\nu = 500$ Hz angeschlagen wurde. Die Amplitude der Schwingung soll nach ca. 10 ms auf die Halbe Amplitude abgeklungen sein. Skizzieren Sie daneben das Fourierspektrum $|A(\nu)|^2$. Achten Sie in beiden Diagrammen auf eine möglichst quantitative Beschriftung der x-Achse.

Aufgabe 3: Schwarzer Strahler [4 Punkte]

Die spektrale Verteilung einer Hohlraumstrahlung habe bei einer Wellenlänge von $15 \mu\text{m}$ ihr Leistungsmaximum. Die Temperatur wird dann so erhöht, dass sich die abgegebene Strahlungsleistung verdoppelt.

- Berechnen Sie die neue Temperatur!
- Bei welcher Wellenlänge liegt nun das Leistungsmaximum?

Aufgabe 4: Beugung am Spalt [4 Punkte]

Ein schmaler Spalt in einem ansonsten lichtundurchlässigen Schirm wird im Labor mit einem HeNe-Laser ($\lambda = 633$ nm) beleuchtet. Die Mitte des 8. dunklen Streifens (Minimums) liegt bei einem Winkel von $2,9^\circ$ gegen der optischen Achse.

- Welche Breite hat der Spalt
- Unter welchem Winkel läge besagtes Minimum, wenn das Labor bis unter die Decke mit Wasser ($n = 1,33$) geflutet würde?

Aufgabe 5 Compton-Effekt [5 Punkte]

Gammastrahlen, die von radioaktiven Kernen abgestrahlt werden, erfahren oft merkliche Compton-Streuungen. Ein 100 keV-Photon werde an einem freien Elektron unter einem Winkel von 110° gestreut.

- Wie groß sind die Energien des gestreuten Photons und des Elektrons?

- b) Unter welchem Winkel relativ zum einfallenden Photon bewegt sich das zurückgestoßene Elektron?

Aufgabe 6: Materiewellen [6 Punkte] (Sie könne auch bei b anfangen!)

- a) Leiten Sie aus der zeitabhängigen Schrödingergleichung für freie Teilchen

$$\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

die zeitunabhängige Schrödingergleichung her, indem Sie

$$\Psi(z, t) = \psi_0 e^{i(kz - \omega t)}$$

ansetzen.

- b) Wie lautet die Dispersionsrelation für freie Teilchen?
 c) Nennen Sie m_n die Masse des Neutrons und m_e die Masse des Elektrons. Betrachten Sie jeweils ein einzelnes Teilchen mit der gleichen kinetischen Startenergie $E_n = E_e$ und kinetischen Energieunschärfe $\Delta E_n = \Delta E_e$. Berechnen Sie die aus dem dazugehörigen Impuls mit der Heisenbergschen Unschärferelation die minimale Ortsunschärfen $\Delta x_{n,0}$ und $\Delta x_{e,0}$. Sind die Neutronen oder die Elektronen stärker lokalisiert?
 d) Nun bewegen sich die Teilchen mit ihrer kinetischen Energie weiter. Welche Ortsunschärfe Δx_e bzw Δx_n haben die Teilchen nach einer Propagation um $x \gg \Delta x$? Für welches Teilchen nimmt die Ungenauigkeit schneller zu? Bestimmen Sie $\Delta x_e / \Delta x_{e,0}$.
 e) Wie groß ist die Gruppengeschwindigkeit eines „thermischen“ Neutrons, dessen kinetische Energie einer entspricht?

Aufgabe 7: Hochofen [4 Punkte]

In einem Hochofen wurde 0,5 kg Eisen verflüssigt. Jetzt ist es in einem perfekt isolierten Kalorimetergefäß bei 2000K und Sie geben einen 100g Klotz Eisen der Temperatur 300K hinzu.

- a) Welche Mischungstemperatur stellt sich ein? Und
 b) Ist am Ende das gesamte Eisen flüssig? Oder alles fest? Oder teilweise flüssig?
 c) Wenn Sie stattdessen 100g Aluminium dazugeben: Was passiert dann? Ist das Al flüssig? Ist das Eisen flüssig? Wie ist die Endtemperatur?

(Bei den obigen Betrachtungen vernachlässigen Sie die Mischungsentropie, d.h. das Al vermischt sich nicht mit dem Eisen)

	Spezifische Wärmekapazität in kJ/(kg K),	Schmelzenthalpie kJ/mol	Atommasse u in g/mol	Schmelztemperatur in °C
Eisen	0.452	13.8	55.85	1538
Aluminium	0.896	10.7	26.98	660.3

Naturkonstanten:

Lichtgeschwindigkeit (Vakuum): $c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s
 Boltzmann-Konstante: $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
 Elementarladung: $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C
 Elektronenmasse: $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg
 Protonenmasse: $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg
 Neutronenmasse: $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg
 Durchmesser der Erde: 12 750 km
 Plancksches Wirkungsq.: $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js
 Avogadrozahl: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹
 Gravitationskonstante $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg²
 Erdbeschleunigung: $g = 9,81$ m/s²
 Rydbergkonstante: $R_y = 13,6$ eV
 Bohr-Radius: $a_0 = 0,05$ nm
 Stefan-Boltzmann s = $5,67 \cdot 10^{-8}$ W/(m²K²)

Viel Erfolg !!!