

**Aufgabe 54: (1 + 2 + 1 = 4 Punkte)**

- Warum ist ein Gitter viel besser für die spektrale Zerlegung und Analyse von Licht geeignet als ein Einfach- oder Doppelspalt?
- Leiten Sie die allgemeine Bedingung für das Auftreten von Beugungs-Hauptmaxima bei einem Reflexionsgitter (geblaztes Gitter) in Abhängigkeit vom Einfallswinkel  $\theta_1$ , Ausfallswinkel  $\theta_2$  und der Wellenlänge  $\lambda$  her. Die Winkel werden zur Gitternormalen gemessen. Betrachten Sie erst  $\theta_1 = 0$  und dann einen beliebigen Einfallswinkel.
- Ein typisches Reflexionsgitter hat 1200 Spalte/mm. Bis zu welcher Maximalwellenlänge  $\lambda_{\max}$  kann man dieses Gitter für die Spektralanalyse bei geeigneter Anordnung verwenden? Welcher Ein- bzw. Ausfallswinkel liegt dann vor?

**Aufgabe 55: (4 Punkte)**

Nach Öffnen eines schnellen Verschlusses zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird eine Kathode ( $A = 1 \text{ cm}^2$ ) mit gefiltertem Sonnenlicht ( $\lambda = 500 \text{ nm}$ ,  $I = 18 \text{ W/m}^2$ ) bestrahlt und emittiert daraufhin Elektronen (Photoeffekt). Betrachtet man das Licht als kontinuierliche Welle und seine Absorption durch ein „Atom“ als einen rein klassischen Vorgang, dann benötigt ein Atom der Kathode eine gewisse Zeit  $\Delta t$  bis es genug Energie  $E_A$  zur Ablösung eines Elektrons absorbiert hat ( $E_A = 2,48 \text{ eV}$ ). Berechnen Sie  $\Delta t$  unter der Annahme, dass der Absorptionsquerschnitt eines Atoms  $\sigma = 0,1 \text{ nm}^2$  ist. Der Absorptionsquerschnitt entspricht der mittleren Fläche, die das auftreffende Licht vollständig absorbiert.

Im Teilchenbild entspricht das Licht dagegen einem unregelmäßigen Fluss von Photonen etwa gleicher Energie  $E_P = h\nu = hc/\lambda$ . Von wie vielen Photonen wird ein Atom im Mittel pro Sekunde getroffen, d.h. wie oft wird ein Photon von dem Atom absorbiert?

Wie unterscheiden sich die Ergebnisse der beiden Bilder bzgl. der Elektronenemission nach dem Öffnen des Verschlusses, wenn die Absorption aller Oberflächenatome der Kathode berücksichtigt wird (es sind  $10^{14} \text{ Atome/cm}^2$ )?

**Aufgabe 56: (2 + 1 + 1 + 1 = 5 Punkte)**

Wasser wird mit einem Tauchsieder (700 W) von  $27^\circ\text{C}$  auf  $77^\circ\text{C}$  erwärmt. Der Vorgang dauert 10 Minuten. Man beobachtet, dass die Temperatur dabei linear mit der Zeit wächst.

- Um welchen Betrag hat sich die Entropie des Wassers erhöht?
- Zur Berechnung von a) sollten Sie eine Integration verwendet haben. Lohnt sich das? Berechnen Sie alternativ die Entropie, indem Sie für die Temperatur den konstanten Mittelwert annehmen. Vergleichen Sie mit a). Welche Fehler könnte die Messung noch enthalten?
- Was bedeutet die angenommene zeitlich lineare Temperaturzunahme des Wassers für die Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazität?
- Die Formel, die Sie in a) hergeleitet haben, gilt analog auch für Eis. Sie versagt aber dennoch für sehr tiefe Temperaturen. Woran könnte das liegen?

**Aufgabe 57: (1 + 3 + 1 = 5 Punkte)**

Das Verhalten eines realen Gases lässt sich in vielen Fällen durch die Zustandsgleichung von van der Waals beschreiben. Sie lautet für 1 Mol eines Gases:

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = RT$$

Das zugehörige  $p$ - $V$ -Diagramm weist für die Temperatur  $T = T_c$  einen sogenannten kritischen Punkt auf, der

durch  $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{T=T_c} = 0$  und  $\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_{T=T_c} = 0$  definiert ist.

- Welche physikalische Bedeutung hat die kritische Temperatur  $T_c$ ?
- Leiten Sie Ausdrücke für  $V_c$ ,  $T_c$  und  $p_c$  her, die nur noch von  $a$  und  $b$  abhängen! Wie Sie sehen sollten, steigt  $T_c$  mit zunehmendem  $a$  und sinkt mit zunehmendem  $b$ . Versuchen Sie dies aufgrund der anschaulichen Bedeutung von  $a$  und  $b$  plausibel zu machen.
- Zeigen Sie, dass man die van-der-Waals-Gleichung durch Einführen der neuen Variablen  $\hat{p} = p/p_c$ ,  $\hat{V} = V/V_c$  und  $\hat{T} = T/T_c$  in eine von  $a$  und  $b$  unabhängige universelle Form für alle Gase bringen kann!

