

Übungen zur Experimentalphysik II — Blatt 5

Aufgabe 1: Ideales und reales Gas

3 Punkte

Betrachte ein Mol Argon bei einer Temperatur von $T = 20^\circ\text{C}$. Bestimme den relativen Fehler der Druckberechnung für die beiden Volumina $V_1 = 2\text{ l}$ und $V_2 = 0,2\text{ l}$, wenn man Argon als ideales statt als reales Gas behandelt ($\tilde{a}_{\text{Ar}} = 136,3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa m}^6 \text{ mol}^{-2}$, $\tilde{b}_{\text{Ar}} = 0,0322 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$).

Aufgabe 2: Schlittschuhläuferin

5 Punkte

Schätzen Sie ab, um wieviel Grad sich der Schmelzpunkt des Eises unter dem von einer Schlittschuhläuferin ausgeübten Druck erniedrigt.

Benutzen Sie dazu die Clausius-Clapeyron-Gleichung für den Phasenübergang fest-flüssig, die spezifische Schmelzwärme von Wasser $q_W = 334 \text{ kJ/kg}$ und die spezifischen Volumina von Wasser und Eis: $\tilde{V}_W = 1,000 \text{ cm}^3/\text{g}$, $\tilde{V}_E = 1,091 \text{ cm}^3/\text{g}$. Die Laufläche eines Schlittschuhs betrage $0,2 \text{ cm}^2$, im Mittel hat auch nur ein Schlittschuh Kontakt mit dem Eis. Die Masse der Schlittschuhläuferin ist 65 kg , die Temperatur $T = 273 \text{ K}$.

Aufgabe 3: Van-der-Waals-Gleichung

5 Punkte (3 + 2)

- a) Überlegen Sie sich anhand des p - V -Diagrammes, was bei der kritischen Temperatur passiert, ausgehend von der Zustandsgleichung eines Van-der-Waalschen Gases

$$\left(p + \frac{a N^2}{V^2}\right) \cdot (V - N b) = N k T.$$

Zeigen Sie, dass für den kritischen Punkt (T_c, p_c, V_c) gilt: $N k T_c = 8 a N / (27 b)$, $V_c = 3 N b$ und $p_c = a / (27 b^2)$.

- b) Wenn man die Zustände auf die kritischen Größen umnormiert erhält man eine dimensionslose Form der Van-der-Waals-Gleichung. Zeigen Sie mit $x = V/V_c$, $y = p/p_c$ und $z = T/T_c$, dass die so gewonnene reduzierte Van-der-Waals-Gleichung die Form hat:

$$y = \frac{8 z}{3 x - 1} - \frac{3}{x^2}$$

Was ist der Vorteil dieser Gleichung?

Aufgabe 4: Ladungen im Quadrat

5 Punkte (3,5 + 1,5)

Vier punktförmige Ladungen von je $40 \mu\text{C}$ befinden sich an den Ecken eines Quadrates mit Kantenlänge $a = 2 \text{ m}$. Bestimmen Sie die elektrischen Feldstärken

- a) im Abstand von $d = 2 a$ vom Zentrum des Quadrats auf der Verlängerung einer der Diagonalen,
b) in der Mitte des Quadrats.

Aufgabe 5: Millikan-Versuch

7 Punkte (2 + 1 + 2 + 1 + 1)

In der Vorlesung wurde der Millikan-Versuch diskutiert.

- a) Beschreiben Sie den Versuch.
- b) Skizzieren Sie qualitativ die erhaltene Verteilung der Tröpfchenladung.
- c) Zeigen Sie, dass für die Masse des Öltröpfchens gilt:

$$m = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_{\text{Öl}}$$

mit

$$R = \left(\frac{9\eta v}{2g(\rho_{\text{Öl}} - \rho_{\text{Luft}})} \right)^{1/2}.$$

Dabei sind η die Viskosität der Luft, g die Schwerebeschleunigung, R der Radius des Öltröpfchens und v die Sinkgeschwindigkeit im Fall ohne angelegtes elektrisches Feld.

- d) Geben Sie die Gleichung zur Bestimmung der Elementarladung aus den Messgrößen des Millikan-Versuchs an (nehmen Sie an, dass das Öltröpfchen schwebt).
- e) Wie kann man sicher sein, dass der Tropfen nur genau eine Elementarladung trägt?

Allgemeiner Hinweis: Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein. Fertigen Sie außerdem aussagekräftige Skizzen an wo immer es hilfreich ist.