

Aufgabe 1

- a) Wir verwenden die ideale Gasgleichung $pV = nRT = NkT$, wobei p den Druck, V das Volumen, T die Temperatur, N die Anzahl der Mole und N die Anzahl der Moleküle bezeichnet. Dabei haben wir $N = nN_A$ und $k = \frac{R}{N_A}$ eingesetzt. Damit folgt für den Druck p

$$p = 10^{-7} \cdot 1333 \text{ Pa} = 1.333 \times 10^{-4} \text{ Pa}$$

Insgesamt erhalten wir also

$$\frac{N}{V} = \frac{p}{kT} = \frac{1.333 \times 10^{-4} \text{ Pa}}{(1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}})(295 \text{ K})} = 3.27 \times 10^{10} \frac{\text{molecules}}{\text{cm}^3}$$

- b) Der Moleküldurchmesser ist $d = 2.00 \times 10^{-10} \text{ m}$, also ist die mittlere freie Weglänge gegeben durch

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 \frac{N}{V}} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi (2.00 \times 10^{-10} \text{ m})^2 (3.27 \times 10^{16} \text{ m}^{-3})} = 172 \text{ m}$$

Aufgabe 2

Wenn sich die Temperatur von T nach $T + \Delta T$ ändert, ändert sich der Durchmesser des Spiegels von D nach $D + \Delta D$, wobei $\Delta D = \alpha D \Delta T$ ist. Hierbei ist α der Längenausdehnungskoeffizient von Pyrex ($3.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). Den Bereich der Werte für den Durchmesser kann man bestimmen, indem man ΔT gleich dem Temperaturbereich setzt. Also haben wir

$$\Delta D = (3.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(200 \text{ in.})(60 \text{ } ^\circ\text{C}) = 2.50 \times 10^4 \mu\text{m}$$

Aufgabe 3

- a) Die Endmasse des Eises ist $(1773 \text{ g} + 227 \text{ g})/2 = 1000 \text{ g}$. Also gefrieren 773 g Wasser. Energie in Form von Wärme hat das System verlassen. Sie hat den Betrag von mL_f , wobei m die Masse des gefrierenden Wassers und L_f die Schmelzwärme von Wasser bezeichnet. Der Prozess ist isotherm, also ist die Entropieänderung

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = -\frac{mL_f}{T} = -(0.773 \text{ Kg})(333 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}) \cdot \frac{1}{273 \text{ K}} = -943 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

- b) Nun sind 773 g Eis geschmolzen. Die Entropieänderung beträgt

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mL_f}{T} = 943 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

- c) Ja, sie sind im Einklang mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Während des gesamten Kreisprozesses ist die Entropieänderung des Systems *Wasser-Eis* gleich null, obwohl ein Teil des Kreisprozesses reversibel ist. Das System ist jedoch nicht abgeschlossen. Um ein abgeschlossenes System zu betrachten, müssen wir alles, was auch immer Energie mit dem Wasser und dem Eis austauscht, einschließen. Nehmen Sie an, dass es

sich während des Teils des Kreisprozesses, in dem das Wasser gefriert, um ein Wärmereservoir bei konstanter Temperatur und während des Teils des Kreisprozesses in dem das Eis schmilzt um einen Bunsenbrenner handelt. Während des Gefrierens erhöht sich die Entropie des Reservoirs um $943 \frac{J}{K}$. Soweit es das System Reservoir-Wasser-Eis betrifft, ist der Prozess adiabatisch und reversibel, also nimmt die Gesamtentropie des Systems Bunsenbrenner-Wasser-Eis zu. Die Entropie des Brenners nimmt entweder zu oder um weniger als $943 \frac{K}{K}$ ab.