

Übungen zur Physikalischen und Theoretischen Chemie I

Übung 2

Abgabe bis Montag, 02.05.2017, 12 Uhr

Aufgabe 1

- a) Leiten Sie aus dem eindimensionalen Ausdruck für die maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung (1) den dreidimensionalen Fall in Abhängigkeit von (v_x, v_y, v_z) her und stellen Sie das Ergebnis in einem Kugelmodell dar.

$$f(v_x) = \left(\frac{M}{2\pi RT}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-Mv_x^2/2RT} \quad (1)$$

Dazu transformieren Sie das Ergebnis in Kugelkoordinaten $f(v_x, v_x, v_x) \Rightarrow f(v, \vartheta, \varphi)$ und integrieren über beide Winkel.

Tipp:

Ein Volumenelement transformiert folgendermaßen von kartesischen in Kugelkoordinaten:

$$dv_x dv_y dv_z \Rightarrow v \cdot \sin \vartheta \cdot d\varphi \cdot v \cdot d\vartheta \cdot dv$$

- b) Verwenden Sie den abgeleiteten Ausdruck für die dreidimensionale maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung um die Anzahl der CO_2 Moleküle bei 300 K und einer Geschwindigkeit von 200 bis 250 ms^{-1} zu berechnen.

Aufgabe 2

- a) Berechnen Sie (i) die mittlere Geschwindigkeit und (ii) die mittlere freie Weglänge von N_2 Molekülen (Kollisionsdurchmesser 395 pm) bei 10^{-9} mmHg Druck und 25 °C. Wieviel Zeit vergeht zwischen zwei aufeinander folgenden Kollisionen von N_2 Molekülen unter den gegebenen Bedingungen?
- b) Wie oft stößt ein einzelnes Argonatome bei 25 °C bei einem Druck von 10 atm innerhalb von 1 s mit anderen Atomen zusammen?

Hinweis: Stoßquerschnitt $\sigma(\text{Ar}) = 0.36 \text{ nm}^2$

Aufgabe 3

Ein Wissenschaftler schlägt folgende Zustandsgleichung bei realen Gasen vor:

$$p = \frac{RT}{V_m} + \frac{B}{V_m^2} + \frac{C}{V_m^3}$$

Zeige auf, dass diese Gleichung zu einem kritischen Verhalten führt. Finde die Konstanten B und C und einen Ausdruck für den kritischen Kompressionsfaktor Z.

Aufgabe 4

Zwischen Luftdruck p und Höhe h (gemessen gegenüber dem Meeresniveau) gilt unter der Annahme konstanter Lufttemperatur der folgende Zusammenhang (sog. *barometrische Höhenformel*)

$$p(h) = p_0 e^{-\frac{h}{7991 \text{ m}}}, \quad \frac{h}{m} \geq 0$$

Hinweis: $p_0 = 1.013 \text{ bar}$ (Luftdruck an der Erdoberfläche). In Abbildung 1 ist der Verlauf der Funktion dargestellt. Die Höhenangabe erfolgt in der Einheit km.

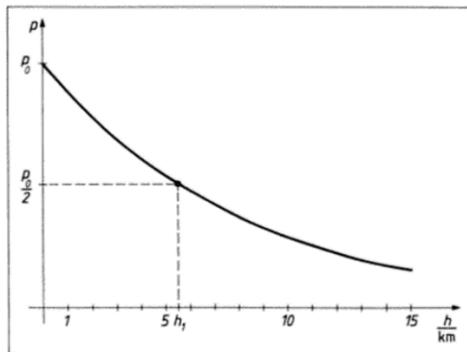


Abbildung 1

- Geben Sie die Höhe h als Funktion des Luftdruckes p an (Übergang zur Umkehrfunktion) und skizzieren Sie den Funktionsverlauf.
- In welcher Höhe h_1 ist der Luftdruck auf die Hälfte seines Wertes an der Erdoberfläche gesunken?