

Version 14. Mai 2017– Abgabe am Montag 22. Mai in der Vorlesung

Aufgabe 12.1. Energie, Multiplizität und Quantenmechanik

[+]

Wir betrachten ein aus drei Teilchen zusammengesetztes System. Ein Mikrozustand ist beschrieben durch die Einteilchenenergien (E_1, E_2, E_3). Ein Makrozustand ist beschrieben durch die Gesamtenergie (E), mit $E = E_1 + E_2 + E_3$.

- (a) Geben sie zwei Mögliche Mikrozustände des Makrozustands $E = 5\text{ J}$ an. Wie viele Mikrozustände dieses Makrozustands gibt es insgesamt?
- (b) In der Vorlesung haben sie haben gelernt, dass die Energie eines Teilchens quantisiert ist. Eine realistische Bedingung wäre, dass die Energien E_1, E_2, E_3 ganzzahlige Vielfache von $1 \times 10^{-22}\text{ J}$ sind. Was ist unter dieser Bedingung die Multiplizität des Makrozustandes $E = 2 \times 10^{-22}\text{ J}$?
- (c) Um wie viel ändert sich die Entropie des Systems, wenn die Gesamtenergie von $E = 0$ auf $E = 2 \times 10^{-22}\text{ J}$ erhöht wird? Geben Sie die Entropieänderung in Einheiten von k_B an.

Aufgabe 12.2. Durch einen Druckunterschied beschleunigte Trennwand

[+]

Eine bewegliche massive Trennwand trennt zwei Kompartimente eines Behälters. In einen Kompartiment wird ein hoher Druck aufgebaut, und die Trennwand wird losgelassen. Es wirken auf die Wand nur die Kräfte, die durch Stösse mit den Gasmolekülen entstehen. Stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht ein, in dem die Wand hin und her schwingt, oder kommt sie zur Ruhe?

Hinweis. Zählen Sie die Freiheitsgrade dieses Systems auf.

Aufgabe 12.3. Boltzmann-Faktor

[+]

- (a) Wir betrachten Luftteilchen über der Erdoberfläche. Wie hoch muss die Temperatur sein, damit sich mindestens die Hälfte der Teilchen über der Höhe $z = h$ befindet?
- (b) Wir betrachten Moleküle mit einer Bindungsenergie von $E_B = 2\text{ kJ mol}^{-1}$ bei der Temperatur $T = 340\text{ K}$ (ca. 67°C). Mit welcher Wahrscheinlichkeit befindet sich ein solches Molekül in einem Zustand, in dem die Bindung gespalten werden kann? Anders formuliert, mit welcher Wahrscheinlichkeit ist die Energie eines Moleküls höher als die Bindungsenergie? Wie hoch ist diese Wahrscheinlichkeit, falls die Bindungsenergie $E_B = 80\text{ kJ mol}^{-1}$ beträgt?
- (c) Bindungsenergien der Grössenordnung 80 kJ mol^{-1} sind typisch für Peptidbindungen. Die Energieskala 2 kJ mol^{-1} ist für Sekundär- und Tertiärstruktur eines Proteins relevant (z.B. Wasserstoffbrücken). Erklären Sie was passiert, wenn ein Ei gekocht wird.

Aufgabe 12.4. *Wärmekapazität eines Moleküls*

[+]

- (a) Zählen Sie die Freiheitsgrade eines zweiatomigen Moleküls auf. Wir nehmen zunächst an, dass die Atome starr gebunden sind (dies trifft bei Raumtemperatur zu).
- (b) Wie hängt die mittlere thermische Energie dieses Moleküls von der Temperatur ab?
- (c) Berechnen sie die Wärmekapazität dieses Moleküls.
- (d) Bei hohen Temperaturen kann das Molekül schwingen, dh. der Abstand zwischen den Atomen ändert sich. Ändert sich dadurch die Wärmekapazität des Moleküls?