

5 Reales Gas

Bei der Kollision eines Balles mit dem Boden ändert sich sein mit Gas gefülltes Innenvolumen ohne Wärmeübertragung an die Umgebung um ΔV mit $|\Delta V| \ll V$. Berechnen Sie die sich dabei ergebende Temperaturänderung ΔT ,

- wenn es sich dabei um ein ideales Gas handelt.
- wenn es sich um ein reales Gas handelt, das durch die Van der Waals Gleichung

$$\left(p + \frac{aN^2}{V^2}\right)(V - Nb) = Nk_B T$$

beschrieben wird. Vernachlässigen Sie Änderungen der Wärmekapazität für den Vorgang.

6 Freie Energie eines Gummibandes

Die Entropie eines Gummibandes ist *entweder* gegeben durch

$$S = L_0 \gamma (\theta E / L_0)^{1/2} - L_0 \gamma \left[\frac{1}{2} \left(\frac{L}{L_0} \right)^2 + \frac{L_0}{L} - \frac{3}{2} \right]$$

oder durch

$$S = L_0 \gamma e^{\theta E / l_0} - L_0 \gamma \left[\frac{1}{2} \left(\frac{L}{L_0} \right)^2 + \frac{L_0}{L} - \frac{3}{2} \right],$$

mit $L_0 = Nl_0$ und den Konstanten l_0, γ und θ . N ist die Anzahl an Molekülen, L die Länge des Bandes und E dessen innere Energie.

- Welche Funktion ist zulässig als Entropie und warum?
- Bestimmen Sie die Helmholtz Freie Energie des Gummibandes $F(T, L, N)$.
- Finden Sie die thermische Zustandsgleichung, die die Spannung $f(T, L, N)$ angibt.

7 Quelle des Lebens

Thermische und kalorische Zustandsgleichung eines Photonengases in einem Hohlraum der Temperatur T sind jeweils gegeben durch

$$p = \frac{\pi^2}{45(\hbar c)^3} (k_B T)^4, \quad E = 3pV.$$

- Finden Sie das chemische Potential μ und die Entropie $S(E, T)$ als Funktion von E und T .
- Bei $T_\oplus \approx 300$ K herrscht auf der Erde ein Gleichgewicht zwischen aufgenommener Wärme durch Sonneneinstrahlung und abgegebener Wärme aufgrund thermischer Abstrahlung in den Weltraum. Schätzen Sie die für Leben auf der Erde verfügbare Entropierate dS/dt ab.

Solare Einstrahlung $S_0 \approx 1380$ W/m², Erdradius $R_\oplus \approx 6370$ km, Sonnentemperatur $T_\odot \approx 6000$ K

8 Reversibilität

Zwei Gasbehälter gleichen Volumens V enthalten die gleiche Menge N eines idealen Gases bei unterschiedlichen Temperaturen $T_1 < T_2$. Berechnen Sie Gleichgewichtstemperatur T' und Entropieänderung ΔS folgender Prozesse als Funktion von T_1, T_2, V und N . Welche davon sind reversibel?

- Die Behälter werden miteinander verbunden und die Gase mischen sich.
- Die Behälter bleiben geschlossen, werden aber in thermischen Kontakt gebracht, bis beide die gleiche Temperatur haben.
- Die Behälter bleiben geschlossen und betreiben eine ideale Carnot-Maschine, bis beide die gleiche Temperatur haben. Die verrichtete Arbeit der Maschine wird gespeichert.