

"Molekulare Kinetik"

SS 2023

10. Übungsblatt (zur Vorlesung 10 am 23.06.2023)

1. Im CO₂-Laser erfolgt die Schwingungsanregung der CO₂-Moleküle über den Prozess



Die Anregung der N₂-Moleküle erfolgt dabei über Elektronenstöße



Nehmen Sie an, ein nicht angeregtes Stickstoffmolekül pralle auf ein ruhendes CO₂-Molekül. Wie hoch muss die mittlere Geschwindigkeit des N₂-Moleküls mindestens sein, um die (001)-Schwingung des CO₂-Moleküls effizient anregen zu können? Nehmen Sie bei der Rechnung an, dass das N₂-Molekül bei dem Stoß (i) nicht angeregt oder (ii) angeregt wird.

$\tilde{\nu}_{(001)} = 2349 \text{ cm}^{-1}$, Stoßdurchmesser des CO₂-Moleküls für die Reaktion: $d = 416 \text{ pm}$. Der Stoßdurchmesser definiert hier die Wechselwirkungslänge.

Nehmen Sie die Anregungsenergie des N₂-Moleküls aus der Aufgabe 2a vom ÜB 9 ($4,63 \times 10^{-20} \text{ J}$).

Berücksichtigen Sie, dass die effiziente T-V-Energieübertragung dann stattfindet, wenn der Adiabasie-Parameter ≤ 1 ist

(4 Pkte.)

2. Zur Beschreibung der V-T-Relaxationsrate k_{10} zweiatomiger Moleküle wird häufig die sog. Landau-Teller-Formel herangezogen:

$$\ln(p\tau)^{-1} = A - B T^{-1/3}$$

Bringen Sie diese Gleichung auf die Form $k_{10} = f(T) \exp[g(T)]$ und vergleichen Sie das Ergebnis mit der empirischen Arrhenius-Gleichung $k = B \exp[-(E_a/RT)]$.

Hinweis: Zeigen Sie dazu, dass für typische Schwingungsfrequenzen bei Raumtemperatur $e^{-\theta/T} \ll 1$ gilt und verwenden Sie diese Näherung in Ihren Betrachtungen.

(4 Pkte.)

3. Berechnen Sie den Bruchteil f_{ε_0} der Gasmoleküle, die eine kinetische Energie $\varepsilon \geq \varepsilon_0$ besitzen, wobei ε_0 einen beliebigen festen Energiewert bezeichnet. Da ein Stoßprozess in einer Ebene beschrieben werden kann, benötigen Sie hierfür die zweidimensionale Maxwell-Boltzmann-Verteilung:

$$dn_v / n = \mu / k_B T \cdot \exp(-\mu v^2 / 2k_B T) \cdot v dv$$

Gehen Sie dazu wie folgt vor:

a) Leiten Sie hieraus und aus der Beziehung $E = \frac{1}{2}\mu v^2$ den Bruchteil dn_ε / n der Gasmoleküle an, deren kinetische Energie im Intervall $[\varepsilon; \varepsilon + d\varepsilon]$ liegt.

b) Berechnen Sie nun f_{ε_0} .

(4 Pkte.)