

# Physik 1: Mechanik und Thermodynamik

Humboldt–Universität zu Berlin, Wintersemester 2014/15,  
Dr. M. zur Nedden / Prof. Dr. S. Kowarik (VL),  
Dr. A. Nikiforov, A. Stasik, L. Pithan, M. Kerber und G. Hoffmann

## Übungsblatt 14

**Ausgabe: Do, 29. Januar 2015 in der Vorlesung oder online**

**Rückgabe: Do, 05. Februar 2015 vor Beginn der Vorlesung, 11.15 h**

### Aufgabe 1: Regelation von Eis (30 %)

Betrachten Sie das in der Vorlesung gezeigte Experiment: Ein starrer Metallstab mit einem rechteckigen Querschnitt liegt auf einem Eisblock, wobei die Enden des Stabes etwas über den Eisblock hinausragen. Der Stab habe eine Breite  $b = 2 \text{ mm}$  und liege über eine Länge von  $L = 25 \text{ cm}$  auf dem Eis. Die Masse des Stabes könne vernachlässigt werden. An jedes Stabende werde nun eine Masse  $M$  angehängt. Der ganze Aufbau werde bei einer konstanten Temperatur von  $T = -2^\circ\text{C}$  gehalten und es herrsche Normaldruck.

Im Experiment beobachten Sie, dass der Metallstab durch das Eis hindurchwandert. Der Eisblock bleibt oberhalb des Stabes dabei unverändert. Berechnen Sie, wie groß  $M$  mindestens sein muss, damit dieser Vorgang möglich ist.

Hinweis: Verwenden Sie die Gleichung von Clausius-Clapeyron. Bei  $T = -2^\circ\text{C}$  besitzt Wasser eine Dichte von  $\rho_W \approx 1 \text{ g/cm}^3$  und Eis von  $\rho_E \approx 0.8 \text{ g/cm}^3$ . Die Schmelzwärme von Wasser ist  $\Lambda = 6 \text{ kJ/mol}$  und die Molmasse von Wasser beträgt  $18 \text{ g}$ .

### Aufgabe 2: Van-der-Waals-Gleichung (20 %)

Betrachten Sei ein Mol Wasser.

1. Berechnen Sie das Volumen des Wasserdampfes bei  $T = 100^\circ\text{C}$  bei einem Druck von  $p_0 = 1 \text{ atm}$ . Nehmen Sie dabei an, dass sich der Dampf wie ein ideales Gas verhalte.
2. Bei welcher Temperatur nimmt der Dampf das oben ermittelte Volumen ein, wenn sie ihn als ein Van-der-Waals-Gas beschreiben, dessen Konstanten  $a = 0.55 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6/\text{mol}^2$  und  $b = 30 \text{ cm}^3$  sind?

### Aufgabe 3: Innere Energie im $pV$ -Diagramm (30 %)

Betrachten Sie Zustandsänderungen eines Systemes in der  $pV$ -Ebene. Es sollen zwei Prozesse untersucht werden:

- Prozess 1: bei konstantem Volumen wird dem System Wärme zugeführt. Dabei gelte  $\Delta Q = B(p_2 - p_1)$ , wobei  $B > 0$ ,  $p_1$  der Druck des Systemes vor und  $p_2$  der Druck des Systemes nach der Wärmezufuhr seien.
- Prozess 2: Das System werde adiabatisch ( $\Delta Q = 0$ ) expandiert bzw. komprimiert. Für die entsprechende Zustandsänderung im  $pV$ -Diagramm gelte  $pV^\kappa = \text{const.}$  mit  $\kappa > 0$ .

1. Skizzieren Sie die Zustandsänderungen im  $pV$ -Diagramm
2. Zeigen Sie, dass Sie zwei beliebige Zustände im  $pV$ -Diagramm durch Hintereinanderausführen der Prozesse 1 und 2 verbinden können. Antworten Sie in Stichpunkten und mit den notwendigen Formeln.
3. Drücken Sie  $U(p_1, V_1)$  durch  $U(p_0, V_0)$  aus indem Sie die beiden Zustände verbinden. Damit erhält man die Möglichkeit, die innere Energie  $U$  bis auf eine Konstante zu messen.

### Aufgabe 4: Entropie (20 %)

Betrachten Sie zwei gleiche feste Körper (gleiche Masse  $m$ , gleiche spezifische Wärme  $c$ ), die, räumlich voneinander getrennt, auf zwei verschiedene Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) gebracht werden. Werden die beiden Körper anschließend in thermischen Kontakt gebracht, fließt Wärmeenergie so lange vom Körper 1 zum Körper 2, bis eine Mischtemperatur  $T_m$  erreicht ist. Nehmen Sie für diesen Fall an, dass ansonsten keine Wärme verloren gehe oder abgestrahlt werde.

1. Wie groß ist die Wärmeenergie der einzelnen Körper, bevor sie miteinander in thermischen Kontakt gebracht werden? Wie groß ist die Mischtemperatur, wenn sich die Temperatur ausgeglichen hat?
2. Berechnen Sie die Änderung der Entropie jeweils für den Körper 1 und den Körper 2.
3. Bestimmen Sie die Entropieänderung  $\Delta S$  des gesamten Systems. Nimmt diese zu oder ab? Ist der Vorgang reversibel oder irreversibel? Begründen Sie Ihre Antwort.