

## Übungsblatt 2

Besprechung in der Woche vom 23.04.18 bis 27.04.18

### Teil A: Verständnisaufgaben

#### Aufgabe 1 – Nullter Hauptsatz

Fassen Sie kurz zusammen, was der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik besagt.

#### Aufgabe 2 – Ideale Gasgleichung

- Auf welchen Annahmen basiert das ideale Gas?
- Beschreiben Sie kurz den Unterschied der Größen  $\tilde{n}$  und  $N$  in den beiden Darstellungen der idealen Gasgleichung,  $pV = \tilde{n}RT = Nk_B T$ .

#### Aufgabe 3 – Temperaturskala

Welche praktische Überlegung hatten sowohl Daniel Fahrenheit als auch Lord Kelvin bei der Festlegung ihrer Temperaturskalen?

#### Aufgabe 4 – Temperatenausgleich

Gegeben seien vier identische Körper  $K_1, K_2, K_3$  und  $K_4$  mit unterschiedlichen Temperaturen. Die 4 Körper werden zwischen rotierbare Wände gestellt. Dabei sind zwei diathermisch (lassen Temperatenausgleich zu; dargestellt durch gestrichelte Linie) und zwei adiabatisch (lassen keinen Temperatenausgleich zu; dargestellt durch durchgezogene Linie). Zu Anfangs haben die 4 Körper die Temperaturen  $T_1 = 200\text{ K}$ ,  $T_2 = 265\text{ K}$ ,  $T_3 = 350\text{ K}$  und  $T_4 = 285\text{ K}$ .

- Zunächst werden die Körper, wie auf Abb. 1 dargestellt, positioniert. Berechnen Sie die Temperaturen aller 4 Körper nachdem das thermische Gleichgewicht eingetreten ist.
- Danach werden die Wände um  $90^\circ$  gedreht, sodass die Körper, wie auf Abb. 2 dargestellt, positioniert sind. Berechnen Sie wieder die Temperaturen aller 4 Körper nachdem das thermische Gleichgewicht eingetreten ist.

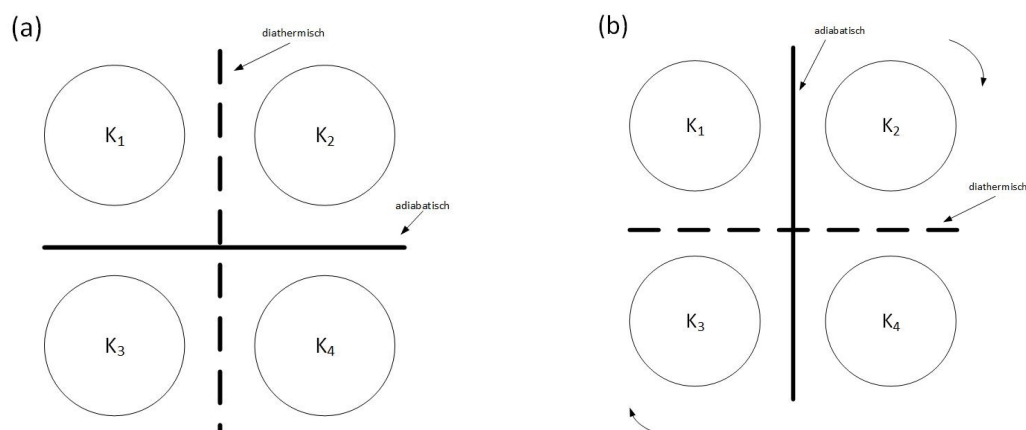


Abbildung 1: Die vier Körper in Grundposition. Abbildung 2: Die vier Körper nach der Rotation.

### Aufgabe 5 – Systeme im Gleichgewicht

Kreuzen Sie die folgenden Systeme an, die sich in absehbarer Zeit ( $\leq 1$  Tag) ins thermische Gleichgewicht begeben oder aber bereits im thermischen Gleichgewicht befinden.

- (a) Ein Raum mit offenem Fenster und ausgeschalteter Heizung
- (b) Ein Raum mit offenem Fenster und angeschalteter Heizung
- (c) System Erde-Sonne
- (d) Kaffee steht offen in der Küche

## Teil B: Rechenaufgaben

### Aufgabe 6 – Temperaturskalen

Zeichnen und beschreiben Sie die folgenden beiden Temperaturskalen:

- (a) Eine „Celsius-Skala“ auf der Basis von Eisen anstelle von Wasser (Einheit  $^{\circ}\text{E}$ ; Grad Eisen). Zeichnen Sie zunächst Schmelz- und Siedepunkt von Eisen in ein  $T[\text{K}]-T[^{\circ}\text{E}]$  Diagramm ein. Dann teilen Sie diese Temperaturdifferenz in 100 Teile und berechnen daraus, wie viel  $^{\circ}\text{E}$  einem Kelvin entspricht. Schließlich rechnen Sie 0 und 273 Kelvin in  $^{\circ}\text{E}$  um.
- (b) Eine „absolute Temperaturskala“ auf der Basis von Wasser (Einheit  $^{\circ}\text{W}$ ; Grad Wasser), d.h. mit  $0^{\circ}\text{W} \equiv 0^{\circ}\text{K}$  und einem Schmelzpunkt bei  $100^{\circ}\text{W}$  anstelle von 273,15 K. Gehen Sie analog zu Aufgabenteil (a) vor.

### Aufgabe 7 – Hagelsturm

In einem Hagelsturm treffen die Hagelkörner (2 g) mit einer Geschwindigkeit von 15 m/s auf ein Fenster mit der quadratischen Fläche  $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$  im Winkel von  $60^{\circ}$  vom Lot mit einer Frequenz von 30 Hz. Welchen Druck erzeugt der Hagel? Vergleichen Sie den Hageldruck mit dem atmosphärischen Druck.

### Aufgabe 8 – Effusion

- (a) Ein 75 kg schwerer Astronaut erhält bei einem Weltraumspaziergang durch Aufprall eines Schrottteilchens ein Loch von 1 mm Radius in seinem 100 kg schweren Druckanzug. Welche Kraft übt das ausströmende Gas auf ihn aus, und wie weit wird er dadurch in einer Minute abgetrieben? Nehmen Sie hierbei an, dass der im inneren des Raumanzuges herrschende Druck dem Atmosphärendruck auf der Erde,  $p_A = 1,013\text{ bar}$ , entspricht und dass dieser über die Dauer des Ausströmens konstant bleibt.
- (b) Nun wollen wir die Annahme eines konstanten Drucks fallenlassen. Benutzen Sie die kinetische Herleitung des Drucks des idealen Gases aus der Vorlesung, um eine typische Zeit abzuschätzen, in der 1 l Luft (Molekulargewicht 15 g/mol) bei Raumtemperatur durch ein 1 mm Loch in ein äußeres Vakuum entkommt.

Hinweis: Sie sollten auf eine Differentialgleichung kommen, welche mit folgendem Ansatz gelöst wird:

$$N(t) = \text{const} \cdot \exp(-t/\tau)$$

### Aufgabe 9 – Luftblase in Flüssigkeiten

Zwei gleichgroße Luftblasen steigen in zwei Flüssigkeiten von gleicher und konstanter Temperatur auf, die eine in Wasser, die andere in Glycerin. Dabei wächst ihr Volumen, weil der hydrostatische Druck mit der Höhe abnimmt. Die Blase in Wasser steigt so schnell, dass mit der umgebenden Flüssigkeit praktisch keine Wärme ausgetauscht wird (adiabatischer Vorgang). Die andere in Glycerin, steigt wegen dessen größerer Viskosität so langsam, dass sie ständig im thermischen Gleichgewicht mit ihrer Umgebung bleibt (Siehe Abb. 3).

- Durch welche Gleichungen werden isotherme, isochore, isobare und adiabatische Zustandsänderungen idealer Gase beschrieben?
- Skizzieren Sie im  $pV$ -Diagramm den Verlauf einer Isobaren, Isochoren, Isothermen und Adiabaten.
- Nutzen Sie ihr Wissen aus den vorherigen beiden Teilaufgaben um festzustellen, welche Blase kleiner ist, wenn sie oben ankommt.

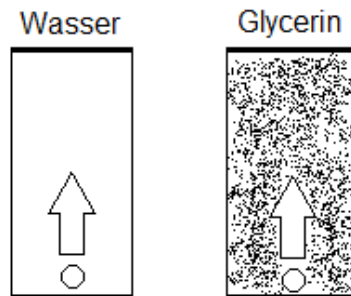


Abbildung 3: Aufsteigende Luftblasen in Wasser (links) und Glycerin (rechts).