

Ass.Prof. Dr. R.A. Wilhelm

wilhelm@iap.tuwien.ac.at

TU Wien - Grundlagen der Physik (130.002) 2022W

12.01.2023

## Aufgabe 11.1 - 2 Pkt.

Ein Messingstab der Länge  $L_1 = 15\text{ cm}$  ist mit einem Stahlstab mit gleichem Querschnitt und der Länge  $L_2 = 8\text{ cm}$  verbunden. Die Wärmeleitfähigkeit von Messing ist  $\lambda = 397.5\text{ JK}^{-1}\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$ , jene von Stahl  $\lambda = 58.6\text{ JK}^{-1}\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$ . Das freie Ende des Messingstabes wird auf einer konstanten Temperatur von  $T_1 = 150^\circ\text{C}$  gehalten, jenes des Stahlstabes auf  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ . Wärmeverluste an die Umgebung werden vernachlässigt.

Berechnen Sie unter dieser Voraussetzung die Wärmestromdichte im Stab (Wärmemenge, welche pro Sekunde und  $\text{m}^2$  fließt) sowie die Temperatur, die sich an der Berührungsfläche der beiden Teile einstellt.

**Lösung:**  $T_G = 121.8^\circ\text{C}$  und  $74603\text{ Jm}^{-2}\text{s}^{-1}$

## Aufgabe 11.2 - 2 Pkt.

Ein Kessel mit einem Volumen von  $V = 20\text{ Liter}$  enthält eine Mischung aus Wasserstoff und Helium bei einer Temperatur von  $T = 15.5^\circ\text{C}$  und einem Druck von  $p = 2.0\text{ bar}$ . Die Gesamtmasse der Mischung beträgt  $m = 5\text{ g}$ . Berechnen sie das Massenverhältnis von Wasserstoff zu Helium  $m_{\text{H}_2}/m_{\text{He}}$  in dieser Mischung.

**Lösung:** 0.5

## Aufgabe 11.3 - 2 Pkt.

Eine Gasflasche ist leider etwas angerostet. Daher besteht schon Explosionsgefahr, wenn der Innendruck über 60 bar steigt. Im Moment lagert die Flasche bei  $15^\circ\text{C}$ , der Druck in der Flasche beträgt 52 bar.

(a) Die Temperatur steigt nun langsam an. Wann, d.h. bei welcher Temperatur, besteht Explosionsgefahr?

(b) Jemand lässt zur Sicherheit Gas aus der Flasche ab, so dass der Druck um 10 bar fällt (isotherm bei  $15^\circ\text{C}$ ). Wie hoch ist dann die Temperatur, ab der Explosionsgefahr besteht?

**Lösung:** (a)  $59.3^\circ\text{C}$ , (b)  $138.4^\circ\text{C}$

## Aufgabe 11.4 - 3 Pkt.

Ein Zylinder einer Kolbenpumpe hat ein Volumen  $V_1$ . Der zugehörige Rezipient habe das Volumen  $V_0$ . (a) Berechnen Sie Luftdruck und Luftdichte im Rezipienten nach  $n$  Kolbenhüben unter der Voraussetzung, dass die Temperatur als konstant angesehen werden kann.

(b) Wie viele Kolbenhübe müssen mindestens ausgeführt werden, damit der Luftdruck im Rezipienten auf unter  $1/10$  seines Anfangswertes sinkt, wenn gilt:  $V_1 = 2\text{ dm}^3$ ,  $V_0 = 3\text{ dm}^3$ ?

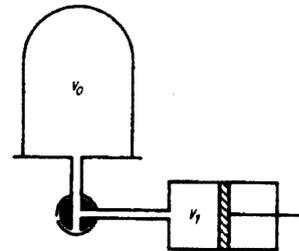


Figure 1: Skizze des Problems.

Hinweis: Bei jedem Kolbenhub wird Gasmenge aus dem Rezipienten entnommen und anschließend "entfernt".

**Lösung:** (b) 5

## Aufgabe 11.5 - 2 Pkt.

Berechnen sie den Luftdruck  $p$  in einem Vakuumkessel in Abhängigkeit von der Zeit beim Evakuieren mit einer Pumpe mit konstantem Saugvermögen  $S = dV/dt$ . Der Kessel habe ein Volumen  $V$  und einen Anfangsdruck von  $p_0$ . Der Prozess soll als isotherm behandelt werden.

**Lösung:**  $p_0 e^{-(S/V)t}$

### Aufgabe 11.6 - 3 Pkt.

Ein zylinderförmiger Behälter mit den Innenmaßen  $r = 25 \text{ cm}$  und  $h = 61 \text{ cm}$  sei mit Stickstoff gefüllt (praktisch ideales Gas). Druck und Temperatur entsprechen zunächst jener der Umgebung ( $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 980 \text{ mbar}$ ). Anschließend wird der Behälter auf einen Druck von  $p_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mbar}$  evakuiert, wobei die Temperatur konstant bleibe. Dann wird der Behälter auf  $T_3 = 500^\circ\text{C}$  aufgeheizt und der Druck durch Einlaß von Stickstoff auf  $p_3 = 3 \text{ mbar}$  erhöht.

- Welche Gasmenge (in mol) ist jeweils im Behälter?
- Welchen Teilchendichten entspricht dies?
- Wie groß ist jeweils die mittlere freie Weglänge der Stickstoffmoleküle im Behälter?
- Wie groß sind die gaskinetischen Geschwindigkeiten der Stickstoffmoleküle?
- Wie groß sind die mittleren Stoßzeiten und die Anzahl der Stöße pro Sekunde?

Hinweis: Der effektive Moleküldurchmesser des Stickstoffs beträgt  $d \approx 2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ .

Hinweis: Die mittlere freie Weglänge kann als  $\lambda = \frac{1}{\sigma n}$  oder  $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma n}$  definiert werden. Da unterscheiden sich die Lehrbücher, daher sind beide Lösungen angegeben.

**Lösung:** Immer nur für die Ausgangswerte hier angegeben. (a)  $n_1 = 4.75 \text{ mol}$ , (b)  $n_{T_1} = 2.38 \cdot 10^{25} \text{ Teilchen/cm}^3$ , (c)  $\lambda_1 = 0.236 \mu\text{m}$  oder  $\lambda'_1 = 0.333 \mu\text{m}$  ohne Faktor  $1/\sqrt{2}$ , (d)  $v_{1,N_2} = 515 \text{ m/s}$ , (e)  $\tau_1 = \frac{\lambda_1}{v_1} = 4.97 \cdot 10^{-10} \text{ s}$

### Aufgabe 11.7 - 1 Pkt.

Der Gummiring eines Konservierungsglases hat den Außendurchmesser  $d_a = 11.4 \text{ cm}$  und den Innendurchmesser  $d_i = 10.0 \text{ cm}$ .

- Welche Kraft wirkt auf den Deckel des Glases, wenn innen ein Dampfdruck des Wassers  $p_i = 2 \text{ kPa}$  und außen der Luftdruck  $p_a = 100 \text{ kPa}$  herrscht?
- Mit welcher Masse müsste man den Deckel belasten, um dieselbe Anpresskraft zu erzeugen?

Hinweis: Die Dicke der Gummidichtung soll vernachlässigt werden.

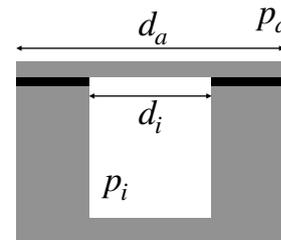


Figure 2: Konservierglas (grau) mit Gummidichtung in schwarz.

**Lösung:** (a) 770 N, (b) 78 kg

### Aufgabe 11.8 - 3 Pkt.

Auf einem Wagen steht ein zylindrisches Gefäß, das bis zu einer Höhe  $h = 100 \text{ cm}$  mit Wasser gefüllt ist (siehe Skizze). Im Gefäß sind an einander gegenüberliegenden Stellen in der Höhe  $h_1 = 25 \text{ cm}$  und  $h_2 = 50 \text{ cm}$  zwei gleiche Ventile mit Öffnungen von je  $10 \text{ cm}^2$  Querschnittsfläche angebracht.

In welcher Größe und Richtung muss eine Kraft  $F$  auf den Wagen ausgeübt werden, damit sich dieser bei geöffneten Ventilen nicht von der Stelle bewegt?

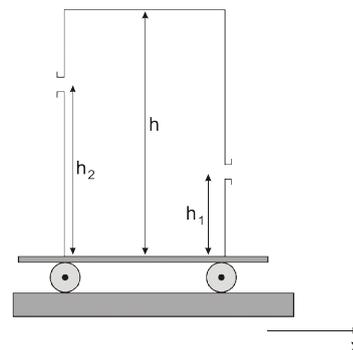


Figure 3: Skizze des Problems.

Hinweis: Wenden Sie die Bernoulli-Gleichung an und schlagen Sie diese ggf. im Demtröder oder auf einer Internetseite Ihrer Wahl nach.

**Lösung:**  $\vec{F} = 4.95 \vec{e}_x \text{ N}$