

Querschnittsprüfung Wärmelehre `08

- 1) Ein **Messing - Massstab** zeigt bei 20.00 °C die Längen korrekt an. Was liest man bei 45.00 °C für eine 175.4 cm lange Strecke ab? Welches Material würde sich für einen möglichst genauen Massstab besonders gut eignen (**5 Punkte**)?
- 2) Die Sanitäter der **Feuerwehr** können einem aus dem Rauch geborgenen Opfer **Sauerstoff** verabreichen. Der Sauerstoff befindet sich in einer 2.0 Liter grossen Druckflasche und es herrscht ein Druck von 200 bar bei 20 °C.
 - a) Wie viel Sauerstoff (Angabe in kg) befindet sich in der Flasche (**5 Punkte**)?
 - b) Einem Opfer mit Atemnot werden 15 Minuten lange ungefähr 6.0 Liter Sauerstoff pro Minute zugeführt. Dabei wird der Druck des ausströmenden Sauerstoffs mit einem Ventil auf 1.0 bar reduziert. Wie viele Opfer können mit einer Flasche versorgt werden (**6 Punkte**)?
 - c) Welcher Druck stellt sich in einer vollen Flasche ein, wenn sie sich an der prallen Sonne auf 45 °C erwärmt (**4 Punkte**)?
- 3) **Energievergleich:**
 - a) Wie viel kinetische Energie der ungeordneten Wärmebewegung ist in 1.0 mol Luft bei Normalbedingungen enthalten (**4 Punkte**)?
 - b) Ist das mehr als bei der Verbrennung einer Weihnachtskerze (14 g Paraffin à 45 MJ/kg) frei wird (**4 Punkte**)?
- 4) In einer **Porzellantasse** ($m = 416 \text{ g}$, $c = 0.80 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) soll ein Instantkaffee zubereitet werden. Er wird mit 2.5 dl kochendem Wasser angegossen. Die Zimmertemperatur beträgt 20 °C.
 - a) Wie heiss ist der fertige Kaffee, wenn man nur die Erwärmung der Tasse berücksichtigt (**4 Punkte**)?
 - b) Der fertige Kaffee wird in den Kühlschrank (Temperatur 4.0 °C) gestellt. Wie viel Wasserdampf von 120 °C ist nötig, um den Kaffee am nächsten Tag auf 60 °C aufzuheizen (hier Wärmekapazität des Porzellans weglassen, **5 Punkte**)?
- 5) Eine **Weihnachtskerze** von 14 g Masse aus Paraffin (etwa C_xH_{2x}) verbrennt in einem geschlossenen Raum von 30 m³ bei 20 °C.
 - a) Zeigen Sie, dass dabei 1.0 mol **Wasserdampf** entsteht (**2 Punkte**).
 - b) Welchen Druck erzeugt der Wasserdampf (ideales Gas bei 20 °C, **3 Punkte**)?
 - c) Kondensiert Wasser an den Wänden? Wie entscheidet man das (**3 Punkte**)?
- 6) Für den Notfall stehen im Kernkraftwerk Gösgen **Dieselaggregate** mit einer mechanischen Leistung von je 2'940 kW zur Verfügung. Ein Aggregat verbrennt pro Minute 12.1 kg Dieseltreibstoff. Der Wirkungsgrad beträgt 34 %.
 - a) Berechnen Sie aus den Angaben in der Aufgabe den Heizwert von Diesel und vergleichen Sie das Resultat mit dem Heizwert von Motorenbenzin in „Formeln und Tafeln“ (**6 Punkte**).
 - b) Das Diesel-Luft-Gemisch verbrennt bei einer Temperatur von ca. 2'500 °C. Wie gross kann die Temperatur der Abgase höchstens sein? Halten Sie dies für einen realistischen Wert (**4 Punkte**)?
Hinweis: Gehen Sie von einer idealen Wärmekraftmaschine aus.
- 7) Eine elektrische Heizung (**Wärmestrahler**) hat eine Strahlungsleistung von 1.6 kW. Sie besteht aus Drähten, die auf eine Temperatur von 900 °C aufgeheizt werden.
 - a) Wie gross ist die gesamte Drahtfläche, unter der Annahme, dass die Temperatur im Zimmer 20 °C beträgt und die Drähte sich wie schwarze Körper verhalten (**5 Punkte**)?
 - b) Bei welcher Wellenlänge liegt das Strahlungsmaximum (**3 Punkte**)?

Querschnittsprüfung Wärmelehre 08

1. $l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$

$$\rightarrow l_0 = \frac{l}{1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta} = \frac{175,4 \text{ cm}}{1 + 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \cdot 25 \text{ K}} = \underline{175,3 \text{ cm}}$$

kleine Wärmeausdehnung \rightarrow z.B. Glaskeramik

2. a) $m = n \cdot M = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \cdot M = \frac{200 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,3145 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 293 \text{ K}} \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$
 $= \underline{0,53 \text{ kg}}$

b) $p' \cdot V' = p \cdot V \rightarrow V' = V \cdot \frac{p}{p'} = N \cdot V_0$

$$\Rightarrow N = \frac{V'}{V_0} = \frac{V \cdot p}{V_0 \cdot p'} = \frac{2 \text{ l} \cdot 200 \text{ bar}}{15,6 \text{ l} \cdot 1 \text{ bar}} = 4,4$$

\Rightarrow 4 Opten

c) $\frac{p''}{T''} = \frac{p}{T} \rightarrow p'' = p \cdot \frac{T''}{T} = 200 \text{ bar} \cdot \frac{318}{293} = \underline{217 \text{ bar}}$

3. a) $E_{\text{kin}} = N \cdot \frac{3}{2} k \cdot T = n \cdot N_A \cdot \frac{3}{2} k \cdot T = 1 \text{ mol} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 293 \text{ K}$

$$= \underline{3,65 \text{ kJ}}$$

b) $E = m \cdot H = 14 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 45 \cdot 10^6 \text{ J/kg} = \underline{630 \text{ kJ}}$

4. a) $m_W \cdot c_W \cdot (\vartheta_W - \vartheta_M) = m \cdot c \cdot (\vartheta_M - \vartheta)$

$$\Rightarrow \vartheta_M = \frac{m_W \cdot c_W \cdot \vartheta_W + m \cdot c \cdot \vartheta}{m_W \cdot c_W + m \cdot c}$$

$$= \frac{250 \text{ g} \cdot 4182 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 100^\circ\text{C} + 416 \text{ g} \cdot 800 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 20^\circ\text{C}}{250 \text{ g} \cdot 4182 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} + 416 \text{ g} \cdot 800 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}}$$

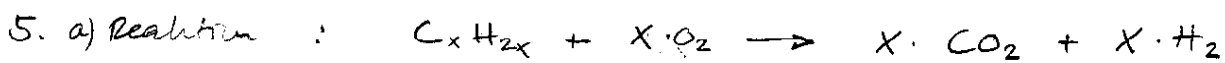
$$= \underline{81^\circ\text{C}}$$

b) $m_W \cdot c_W \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) = m_D \cdot L_V + m_D \cdot c_W \cdot (\vartheta_V - \vartheta_2) + m_D \cdot c_D \cdot (\vartheta_D - \vartheta_V)$

$$\Rightarrow m_D = m_W \cdot \frac{c_W \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)}{L_V + c_W \cdot (\vartheta_V - \vartheta_2) + c_D \cdot (\vartheta_D - \vartheta_V)}$$

$$= 250 \text{ g} \cdot \frac{4182 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot (60^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})}{2,256 \cdot 10^6 \text{ J/kg} + 4182 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot (100 - 60)^\circ\text{C} + 1863 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot (120 - 100)^\circ\text{C}}$$

$$= \underline{24 \text{ g}}$$



$$M = x \cdot 14 \text{ g/mol} \rightarrow \frac{1}{x} \text{ mol Paraffin}$$

$$\Rightarrow x \cdot \frac{1}{x} \text{ mol} = 1 \text{ mol } H_2$$

b) $p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 8,3145 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot 293 \text{ K}}{30 \text{ m}^3} = \underline{81 \text{ Pa}}$

c) Sättigungsdampfdruck von Wasserdampf bei 20°C :
 $p_s = 2,337 \cdot 10^3 \text{ Pa} > p \rightarrow$ kondensiert nicht
 (selbst bei -10°C keine $p_s > p$)

6. a) $\eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{th}}} = \frac{P_{\text{mech}} \cdot \Delta t}{m \cdot H} \rightarrow H = \frac{P_{\text{mech}} \cdot \Delta t}{\eta \cdot m}$

$$= \frac{2,94 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 60 \text{ s}}{0,34 \cdot 12,1 \text{ kg}} = \underline{43 \text{ MJ/kg}}$$

↳ $H = 43,5 \text{ MJ/kg} \rightarrow$ vernünftiges Resultat.

b) $\eta \leq \eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} \rightarrow T_2 \leq T_1 \cdot (1 - \eta) = 2773 \text{ K} \cdot (1 - 0,34)$

$$= \underline{1830 \text{ K}}$$

in Wirklichkeit Abgabe des überschüssigen Kältes.

7. a) $J = \frac{P}{A} = \sigma \cdot T^4 \rightarrow A = \frac{P}{\sigma \cdot T^4} = \frac{1600 \text{ W}}{5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \cdot (1173 \text{ K})^4}$

$$= 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = \underline{150 \text{ cm}^2}$$

(eingestrahelte Leistung $P_0 = A \cdot \sigma \cdot T_0^4$ vernachlässigbar)

b) $\lambda_{\text{max}} \cdot T = b \rightarrow \lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}}{1173 \text{ K}} = \underline{2,5 \mu\text{m}}$