

# Querschnittsprüfung 2023 Wärmelehre

Vor- & Nachname: \_\_\_\_\_ Neue (3.) Klasse: \_\_\_\_\_

Physik-Lehrperson 2. Klasse: \_\_\_\_\_ Alte (2.) Klasse: \_\_\_\_\_

Punkte: \_\_\_\_\_ / 42 Note: \_\_\_\_\_

## 👉 Regeln wie per E-Mail angekündigt:

- Als Hilfsmittel sind ein **Taschenrechner ohne CAS**, die **FoTaBe** sowie ein **doppelseitiger A4-Spick** erlaubt.
- Bei allen Aufgaben **formale Lösung** herleiten, **einsetzen** mit Einheiten, Ergebnis korrekt **runden**.

0. Prüfungskopf bitte vollständig ausfüllen! \_\_\_\_\_ / 1

1. Prozentuale Volumenänderung von Ethanol \_\_\_\_\_ / 4

Wie gross ist die prozentuale Volumenänderung von Ethanol bei einer Erwärmung von  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

2. Kupfermünze \_\_\_\_\_ / 7

Eine  $12\text{ g}$  schwere Kupfermünze wird in einer Flamme auf  $635\text{ }^{\circ}\text{C}$  erhitzt und danach in ein Becherglas mit  $120\text{ g}$  Wasser der Temperatur  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  gegeben. Berechnen Sie die Mischtemperatur, welche sich nach einiger Zeit einstellt. Welche Annahmen treffen Sie für Ihre Rechnung?

3. Kühlbox \_\_\_\_\_ / 4

Eine elektrische Kühlbox aus Styropor (Wanddicke  $2\text{ cm}$ , Gesamtfläche  $6\cdot 400\text{ cm}^2$ ) hat bei einer Aussentemperatur von  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  und bei einer Innentemperatur von  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  eine Kühlleistung von  $13\text{ W}$ . Wie gross ist die Wärmeleitfähigkeit von Styropor?

4. Wärmestrahlung der Erde \_\_\_\_\_ / 6

Die mittlere Oberflächentemperatur der Erde beträgt  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- (a) Berechnen Sie die Strahlungsleistung der Erde unter der Annahme, dass die Erde wie ein schwarzer Körper strahlt. [3]
- (b) Welche Wellenlänge hat das Maximum der Strahlungsintensität? [3]

5. Glaskugel \_\_\_\_\_ / 4

In einer Glaskugel von  $1.22\text{ l}$  sind  $69\text{ mmol}$  Luft eingeschlossen. Bei welcher Temperatur erreicht der Druck in der Kugel  $2.37\text{ bar}$ ?

6. Leistungszahl einer Klimaanlage \_\_\_\_\_ / 6

In einem Artikel über stromsparende Klimaanlage wird das Modell *De'Longhi Pinguino PAC EX100* mit einer Kühlleistung von  $2.4\text{ kW}$  bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von  $0.7\text{ kW}$  ausgewiesen.

- (a) Wie gross ist gemäss diesen Angaben die Leistungszahl dieser Klimaanlage? [3]
- (b) Wie gross wäre die theoretisch maximal mögliche Leistungszahl einer Klimaanlage, welche bei  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur einen Raum auf  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  halten soll? [3]

7. Dampfkatapult \_\_\_\_\_ / 10

Ein Kernreaktor A2W erzeugte Dampf von  $279\text{ }^{\circ}\text{C}$  unter anderem für das Flugzeugkatapult auf der USS Enterprise.

- (a) In welchem Bereich liegt der Sättigungsdampfdruck gemäss der Tabelle in der FoTa? [2]
- (b) Berechnen Sie den Sättigungsdampfdruck genauer mit linearer Interpolation. [3]
- \* (c) Das Katapult hatte eine Länge von  $76\text{ m}$  und konnte  $35\text{ Tonnen}$ -Flugzeuge auf  $71.5\frac{\text{m}}{\text{s}}$  beschleunigen, der mittlere Dampfdruck betrug  $4\text{ MPa}$ . Berechnen Sie aus diesen Angaben die Querschnittsfläche des Kolbens. [5]

# Musterlösung Querschnittsprüfung 2023 Wärmelehre

0. Der Punkt wird nur erteilt, wenn alle Angaben richtig sind.

$$1. \Delta\eta = \frac{\Delta V}{V_0} - 1 = \frac{V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta\vartheta)}{V_0} - 1 = \gamma \cdot (\vartheta_H - \vartheta_K) = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \cdot (79^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 6.490 \cdot 10^{-2} \approx \underline{\underline{6.5\%}}$$

2. Annahme: Von Kupfermünze abgegebene Wärme wurde vollständig ans Wasser übertragen.

$$c_{\text{Cu}} \cdot m_{\text{Cu}} \cdot (\vartheta_{\text{Cu}} - \vartheta_{\text{M}}) = c_{\text{W}} \cdot m_{\text{W}} \cdot (\vartheta_{\text{M}} - \vartheta_{\text{W}}) \Rightarrow \vartheta_{\text{M}} = \frac{c_{\text{Cu}} \cdot m_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_{\text{Cu}} + c_{\text{W}} \cdot m_{\text{W}} \cdot \vartheta_{\text{W}}}{c_{\text{W}} \cdot m_{\text{W}} + c_{\text{Cu}} \cdot m_{\text{Cu}}} = \downarrow \dots \downarrow = 23.60^\circ\text{C} \approx \underline{\underline{24^\circ\text{C}}}$$
$$\frac{383 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 635^\circ\text{C} + 4.182 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 120 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 18^\circ\text{C}}{4.182 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 120 \cdot 10^{-3} \text{ kg} + 383 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 12 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$3. \Phi = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_w - T_k}{d} \Rightarrow \lambda = \frac{\Phi \cdot d}{A \cdot (T_w - T_k)} = \frac{13 \text{ W} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{400 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot (35^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C})} = 4.012 \cdot 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{mK}} \approx \underline{\underline{4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{mK}}}}$$

$$4. \text{(a) } \Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot A = 1 \cdot 5.670 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}^4} \cdot (288.2 \text{ K})^4 \cdot 5.1007 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 = 1.994 \cdot 10^{17} \text{ W} \approx \underline{\underline{1.99 \cdot 10^{17} \text{ W}}}$$

$$\text{(b) } \lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \cdot 10^{-3} \text{ K m}}{288.2 \text{ K}} = 1.006 \cdot 10^{-5} \text{ m} \approx \underline{\underline{1.01 \cdot 10^{-5} \text{ m}}}$$

$$5. pV = nRT \Rightarrow T = \frac{pV}{nR} = \frac{2.37 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 1.22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{69 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 5.040 \cdot 10^2 \text{ K} \approx \underline{\underline{504 \text{ K}}}$$

$$6. \text{(a) } \varepsilon = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{2.4 \cdot 10^3 \text{ W}}{0.7 \cdot 10^3 \text{ W}} = 3.429 \approx \underline{\underline{3.4}}$$

$$\text{(b) } \varepsilon_c = \frac{T_k}{T_w - T_k} = \frac{2.952 \cdot 10^2 \text{ K}}{3.092 \cdot 10^2 \text{ K} - 2.952 \cdot 10^2 \text{ K}} = 2.108 \cdot 10^1 \approx \underline{\underline{21}}$$

$$7. \text{(a) } p(250^\circ\text{C}) = 3975.4 \text{ kPa} < p < p(300^\circ\text{C}) = 8590.3 \text{ kPa}$$

$$\text{(b) } \frac{p - p_-}{\vartheta - \vartheta_-} = \frac{p_+ - p_-}{\vartheta_+ - \vartheta_-} \Rightarrow p = p_- + (p_+ - p_-) \cdot \frac{\vartheta - \vartheta_-}{\vartheta_+ - \vartheta_-} = \downarrow \dots \downarrow = 6.652 \cdot 10^6 \text{ Pa} \approx \underline{\underline{6.7 \text{ MPa}}} = 67 \text{ bar}$$

$$3975.4 \cdot 10^3 \text{ Pa} + (8590.3 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 3975.4 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \cdot \frac{279^\circ\text{C} - 250^\circ\text{C}}{300^\circ\text{C} - 250^\circ\text{C}}$$

$$\text{(c) } E_{\text{kin}} = W = \bar{p} \cdot \Delta V \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = \bar{p} \cdot A s \Rightarrow A = \frac{m v^2}{2 \bar{p} s} = \frac{35 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \left(71.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 4 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 76 \text{ m}} = 2.943 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2 \approx \underline{\underline{0.3 \text{ m}^2}}$$