

Vorname Name: ..... Klasse: ..... FoTa Auflage: .....

Physik-Lehrkraft in der 2. Klasse: .....

Viel Erfolg!

## Querschnittsprüfung Wärme

Fr. 30. August 2013

	Hilfsmittel: Taschenrechner, FoTa, ein A4-Blatt Spick formale Lösung herleiten - einsetzen mit Einheiten - ausrechnen, runden, Einheit dazu	Darstellung: frei lassen
1	Die Standseilbahn Rigiblick hat ein 385 m langes Stahlkabel. Wie viel verlängert sich dieses Kabel zwischen Winter (3.8 °C) und Sommer (27 °C)?	/3
2	In einer Gasflasche befinden sich 20 L Helium bei 20 °C und 100 bar Druck.	
2a	Wie viele Ballone à 4.0 Liter kann man bei 32 °C und 1020 hPa Druck damit füllen?	/5
2b	Wie gross ist die mittlere quadratische Geschwindigkeit der Heliumatome bei 20 °C?	/3
3	Bleigiessen ist ein Sylvesterbrauch: Blei wird auf einem Löffel geschmolzen und in kaltes Wasser gekippt, wo es zu bizarren Formen erstarrt.	
3a	Wie viel Wärme muss ein Bleistück (55 g, 20 °C) aufnehmen, bis es geschmolzen ist?	/4
3b	Wie lautet die formale Gleichung, mit der die Mischtemperatur nach Eintauchen des flüssigen Bleis berechnet werden könnte? Sie müssen die Gleichung nicht auflösen und auch keine Zahlen einsetzen. Beschreiben Sie aber, wofür die Variablen stehen.	/5
4	Am 16. August 2013 um 16 Uhr betrug der Luftdruck auf dem Hörnli (1132 m. ü. M.) 892.3 hPa. Bestimmen Sie die dazu gehörende Siedetemperatur des Wassers. a) zwischen ... und ... b) Zwischenwert mit linearer Interpolation abschätzen	/4
5	Eine Betonmauer nimmt 40% des Sonnenlichts auf, strahlt aber wie ein schwarzer Körper Wärme ab. Wie heiss kann die Oberfläche maximal werden, wenn man alle anderen Verluste ignoriert?	/5
6	Olivenöl ( $c_p = 1970 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) von 95 °C wird zu 0.35 kg Wasser von 17 °C gegossen, worauf sich eine Temperatur von 29 °C einstellt. Berechnen Sie die Ölmasse.	/4
7	Zwei Räume sind durch eine 30 cm dicke Backsteinwand von 16 m <sup>2</sup> Fläche getrennt. Wie viel Heizleistung ist erforderlich, um den einen Raum 20 °C wärmer zu halten? Beachten Sie nur den Wärmestrom durch die Backsteinwand.	/3
8	Im Heizkraftwerk Domat Ems werden jährlich $220 \cdot 10^3$ Tonnen Holz ( $\approx$ Tanne) verbrannt. Damit wird Dampf von 480 °C erzeugt. Eine Turbine produziert damit 136 GWh elektr. Energie. Der Dampf nach der Turbine setzt noch 220 GWh für die Fernwärme frei.	
8a	Mit welchem Wirkungsgrad wird elektrische Energie erzeugt?	/4
8b	Welche Temperatur hat der Dampf nach der Turbine? Diskutieren Sie die Rechnung.	/5

## Lösungen zur Querschnittsprüfung Wärme 30. August 2013

$$1) \Delta l = \alpha l_0 \Delta \vartheta = 11 \cdot 10^{-6} \text{ m/K} \cdot 385 \text{ m} \cdot (27 - 3.8) \text{ K} = \underline{\underline{9.8 \text{ cm}}}$$

$$2a) pV = nRT \Rightarrow z = \frac{V_2}{V_B} = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1 V_B} = \frac{100 \text{ bar} \cdot 20 \text{ L} \cdot (273 + 32) \text{ K}}{1.020 \text{ bar} \cdot (273 + 20) \text{ K} \cdot 4.0 \text{ L}} = \underline{\underline{5.1 \cdot 10^2}}$$

$$2b) v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot (273.15 + 20) \text{ K}}{4.003 \text{ u} \cdot 1.661 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u}}} = \underline{\underline{1.35 \text{ km/s}}}$$

$$3a) \Delta Q = c_B m_B (\vartheta_f - \vartheta_{20}) + m_B L_f \\ = 129 \text{ J/(kgK)} \cdot 0.055 \text{ kg} \cdot (327.4 - 20) \text{ K} + 0.055 \text{ kg} \cdot 2.3 \cdot 10^4 \text{ J/kg} = \underline{\underline{3.4 \text{ kJ}}}$$

$$3b) c_W m_W (\vartheta_M - \vartheta_W) + c_B m_B (\vartheta_M - \vartheta_f) - m_B L_f = 0$$

In der Reihenfolge des erstmaligen Auftauchens von links nach rechts: spezifische Wärmekapazität des Wassers, Wassermasse, Mischtemperatur, Ausgangstemperatur des Wassers, spezifische Wärmekapazität des Bleis, Bleimasse, Erstarrungstemperatur des Bleis, spezifische Schmelzwärme des Bleis.

$$4) \text{Dampfdrucktabelle: zwischen } \vartheta(87.68 \text{ kPa}) = 96 \text{ }^\circ\text{C} \text{ und } \vartheta(90.94 \text{ kPa}) = 97 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{mit Interpolation: } \vartheta \approx \frac{89.23 \text{ kPa} - 87.68 \text{ kPa}}{90.94 \text{ kPa} - 87.68 \text{ kPa}} \cdot (97 \text{ }^\circ\text{C} - 96 \text{ }^\circ\text{C}) + 96 \text{ }^\circ\text{C} = \underline{\underline{96.5 \text{ }^\circ\text{C}}}$$

$$5) J_{sf} = \sigma T^4 \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{J_{sf}}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{1366 \text{ Wm}^{-2} \cdot 0.40}{5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}}} = \underline{\underline{313 \text{ K}}} \quad (40 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$6) c_o m_o (\vartheta_M - \vartheta_o) + c_w m_w (\vartheta_M - \vartheta_w) = 0 \Rightarrow m_o = \frac{c_w m_w (\vartheta_M - \vartheta_w)}{c_o (\vartheta_o - \vartheta_M)} \\ m_o = \frac{4182 \text{ J/(kgK)} \cdot 0.35 \text{ kg} \cdot (29 \text{ }^\circ\text{C} - 17 \text{ }^\circ\text{C})}{1970 \text{ J/(kgK)} \cdot (95 \text{ }^\circ\text{C} - 29 \text{ }^\circ\text{C})} = \underline{\underline{0.14 \text{ kg}}}$$

$$7) P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = UA \Delta T = 1.15 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot 16 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ }^\circ\text{C} = \underline{\underline{0.37 \text{ kW}}}$$

$$8a) \eta = \frac{E_2}{E_1} = \frac{E_T}{mH} = \frac{136 \cdot 10^9 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s}}{220 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 15 \cdot 10^6 \text{ J/kg}} = 0.14836 = \underline{\underline{15 \text{ \%}}}$$

$$8b) \eta = \frac{T_w - T_k}{T_w} \Rightarrow T_k = (1 - \eta) T_w = (1 - 0.14836) \cdot (273.15 + 480) \text{ K} = \underline{\underline{641 \text{ K}}} \quad (368 \text{ }^\circ\text{C})$$

Der Wirkungsgrad der Turbine ist sicher schlechter als der (maximal mögliche) thermodynamische Wirkungsgrad. Der Temperaturunterschied zw. Einlass und Auslass ist deshalb grösser als beim oben berechneten Minimum.