

Querschnittsprüfung Wärme

28. August 2009

Hilfsmittel: Taschenrechner, FoTa, ein A4-Blatt Spick formale Lösung herleiten - einsetzen mit Einheiten - ausrechnen, runden, Einheit dazu	Darstellung:	frei lassen
Viel Erfolg!	Lehrkraft in der 2. Klasse:	
1) Eine Glühlampe hat einen 1.4 cm langen Wolframglühdraht mit 150 µm Durchmesser. Im Betrieb hat der Glühdraht eine Temperatur von 2950 K. a) Berechnen Sie die Leistung unter der Annahme, die Glühlampe sei ein schwarzer Körper.		/5
1b) Bei welcher Wellenlänge liegt das Strahlungsmaximum? Ist das im sichtbaren Bereich?		/5
2) Das Volumen einer Aluminiumhohlkugel nimmt bei Erwärmung um 0.55 % zu. Wie gross ist die Temperaturänderung?		/5
3) Ein Fahrradreifen wird bei 5.5 °C auf 5.0 bar Überdruck aufgepumpt (der Luftdruck beträgt 1000 hPa) und das Pnevolumen erreicht 1500 cm ³ (Zustand A). Ein schwerer Mann setzt sich auf das Velo. Der Druck im Reifen erhöht sich um 20%, während die Temperatur konstant bleibt (Zustand B). Auf der Velotour nimmt die Reifentemperatur auf 70 °C zu (durch Sonneneinstrahlung und Reibung), wobei das Volumen konstant bleibt (Zustand C). Zeichnen Sie das p-V-Diagramm mit allen drei Zuständen und den Übergangsprozessen. Achten Sie auf vollständige Beschriftung der Achsen mit Zahlen etc. Benennen Sie die zwei Teilprozesse mit den korrekten Fachwörtern. Begründen Sie die Zahlenwerte der Drücke p _B und p _C sowie der Volumina V _B und V _C ganz kurz (keine formale Lösung verlangt).		/10
4) Eine Gasflasche mit einem Volumen von 100 Liter enthält Argon bei 20 °C mit einem Druck von 200 bar. a) Wie viele Argonatome befinden sich in der Flasche?		/4
4b) Welche mittlere Geschwindigkeit (v _{rms}) haben die Argonatome?		/4
4c) Zeichnen Sie qualitativ (mit Achsenbeschriftung!) die Geschwindigkeitsverteilung von Argonatomen und Heliumatomen bei gleicher Temperatur.		/4
5) Der Raddampfer Stadt Zürich erbringt eine Leistung von rund 368 kW. Im ersten Betriebsjahr 1909 wurden angeblich 258,45 Tonnen Kohle (Anthrazit) verfeuert und 12'575 km zurückgelegt. Die Reisegeschwindigkeit beträgt 27 km/h. Im Dampfkessel herrscht ein Druck von ca. 13 bar (Wikipedia). a) Geben Sie die Leistung des Raddampfers in PS an.		/2
5b) Berechnen Sie mit den obigen Angaben den Wirkungsgrad des Raddampfers.		/5
5c) Erklären Sie warum die Temperatur im Dampfkessel etwas über 190 °C liegt.		/4
5d) Schätzen Sie den thermodynamischen Wirkungsgrad der Dampfmaschine ab. Machen Sie entsprechende Annahmen. Vergleichen Sie Ihr Resultat mit dem von b).		/4
6) In China (IYPT-Rundreise) haben eine Schülerin und fünf Schüler des MNG an einem heissen Tag (27 °C) einen gekühlten Früchtetee degustiert. Dabei wurde ein 30 g schwerer Eiswürfel in ein Tässchen gelegt. Anschliessend wurden etwa 50 ml des zuvor angesetzten 80 °C heissen Tees darüber gegossen. a) Welche Temperatur nimmt das Degustationsgetränk an?		/6
6b) Welche Annahmen haben Sie bei a) getroffen?		/4

Lösungen zur Querschnittsprüfung Wärme 28. August 2009

1a) $P = JA = \sigma T^4 l \pi d = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ WK}^{-4} \text{ m}^2 \cdot (2950 \text{ K})^4 \cdot 0.014 \text{ m} \cdot \pi \cdot 1.50 \cdot 10^{-4} \text{ m} = \underline{28 \text{ W}}$

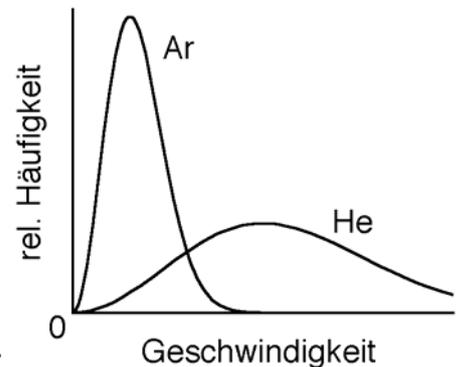
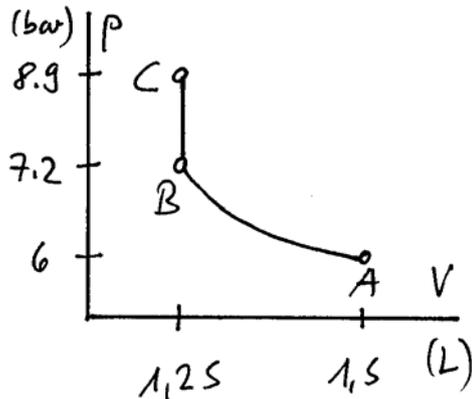
1b) $\lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T} = \frac{2.89777 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}}{2950 \text{ K}} = \underline{982.3 \text{ nm}}$ Ist nicht sichtbar sondern Infrarot.

2) $\Delta V_A = \gamma_A V \Delta T = 3\alpha V \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{3\alpha} \cdot \frac{\Delta V_A}{V} = \frac{1}{3 \cdot 23.8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}} \cdot 0.55 \cdot 10^{-2} = \underline{77 \text{ K}}$

3) $p_A = 5.0 \text{ bar} + 1.000 \text{ bar} = 6.0 \text{ bar}$, $V_A = 1500 \text{ cm}^3$, $T_A = (5.5 + 273.15) \text{ K} = 278.7 \text{ K}$

isotherme Kompression: $T_B = T_A$, $p_B = 1.20 \cdot 6.0 \text{ bar} = 7.2 \text{ bar}$, $V_B = 1500 \text{ cm}^3 / 1.20 = 1.25 \text{ L}$

isochore Erwärmung: $V_C = V_B$, $T_C = (70 + 273.15 \text{ K}) = 343 \text{ K}$, $p_C = 7.2 \text{ bar} \cdot \frac{343 \text{ K}}{279 \text{ K}} = 8.9 \text{ bar}$



zu 4c:

4a) $pV = nRT \Rightarrow N = \frac{pV}{kT} = \frac{200 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot (273.15 + 20) \text{ K}} = \underline{4.94 \cdot 10^{26}}$

4b) $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} kT \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3kT}{m_a}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot (273.15 + 20) \text{ K}}{39.948 \text{ u} \cdot 1.661 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u}}} = \underline{428 \text{ m/s}}$

4c) Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilungen: He hat das Maximum bei höherer Geschwindigkeit ($v_{\text{He}} : v_{\text{Ar}} = \sqrt{m_{\text{Ar}} : m_{\text{He}}} \approx \sqrt{40 : 4} \approx 3$), liegt wegen gleicher Fläche aber tiefer.

5a) $P = 368 \text{ kW} \cdot \frac{1 \text{ PS}}{0.7355 \text{ kW}} = \underline{500 \text{ PS}}$

5b) $\eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{therm}}} = \frac{P_{\text{mech}}}{mH/\Delta t} = \frac{P_{\text{mech}} \cdot \Delta s}{mH \cdot v} = \frac{368 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 12575 \cdot 10^3 \text{ m}}{258.45 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 3.2 \cdot 10^7 \text{ J/kg} \cdot 27 \text{ m} / 3.6 \text{ s}} = \underline{7.5\%}$

5c) Dampfkessel: $p \approx (13 + 1) \text{ bar} = 14 \text{ bar}$ ist zu vergleichen mit dem Dampfdruck. Dampfdrucktabelle $p_s(190 \text{ }^\circ\text{C}) = 12.550 \text{ bar}$, $p_s(200 \text{ }^\circ\text{C}) = 15.544 \text{ bar}$

5d) $\eta_c = \frac{T_w - T_k}{T_w} = \frac{(200 - 0) \text{ K}}{(200 + 273) \text{ K}} = 0.42 \text{ (max.)}$ oder $\frac{(190 - 100) \text{ K}}{(190 + 273) \text{ K}} = 0.19 \text{ (min.)}$

Der reale Wirkungsgrad ist natürlich kleiner als der maximal mögliche, das stimmt.

6a) $m_E L_f + c_w m_E (\vartheta_M - \vartheta_f) + c_w m_T (\vartheta_M - \vartheta_T) = 0 \Rightarrow \vartheta_M = \frac{c_w \rho_w V_T \vartheta_T + c_w m_E \vartheta_f - m_E L_f}{c_w \rho_w V_T + c_w m_E}$
 $\vartheta_M = \frac{4182 \text{ J/kgK} \cdot 50 \text{ mL} \cdot 0.972 \text{ g/mL} \cdot 80 \text{ }^\circ\text{C} + 0 - 30 \text{ g} \cdot 3.338 \cdot 10^5 \text{ J/kg}}{4182 \text{ J/kgK} \cdot (50 \text{ mL} \cdot 0.972 \text{ g/mL} + 30 \text{ g})} = \underline{19 \text{ }^\circ\text{C}}$

(Man erhält 20 °C, wenn man einfach mit 50 g Wasser rechnet.)

6b) Annahmen: Wärmeabgabe des Tees an Tasse und Umgebung vernachlässigt, Wärmeaufnahme aus Umgebung vernachlässigt. Sonst hätte man nach längerer Zeit sowieso Umgebungstemperatur 27 °C unabhängig von Eis und Tee!