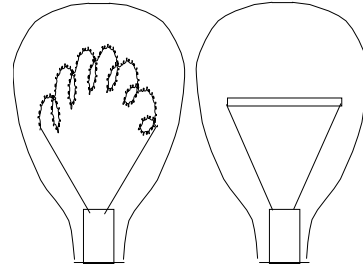


K2 Ws 2002/03

Klausur zur Experimentalphysik, Wärmelehre

1. a) Warum benutzt man für die Glühwendel in einer Glühbirne Wolfram (Schmelztemperatur 3410°C) anstelle von Eisen (Schmelztemperatur 1539°C) oder Kupfer (Schmelztemperatur 1083°C)?

b) Der Glühwendel ist als sehr feiner, sehr langer Draht ausgearbeitet, der als aufgewickelte Spirale in der Glühbirne untergebracht ist. Warum verwendet man nicht stattdessen einen quaderförmigen Glühkörper?

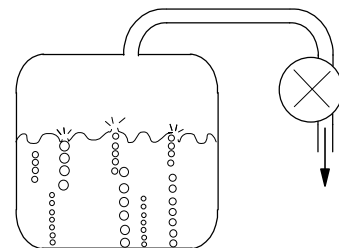


10P

2. In der Vorlesung wurde gezeigt, dass man Wasser (Anfangstemperatur 20°C) durch abpumpen der über dem Wasser befindlichen Luft zum Kochen bringen kann.

Welche Temperatur stellt sich in dem Wasser ein:

- a) Unter 20°C , b) genau 20°C
 c) zwischen 20°C und 50°C ,
 d) zwischen 50°C und 100°C oder
 e) über 100°C ? Begründen Sie Ihre Antwort!
 Kann man auf diese Weise Kartoffeln garen?



8 P

3. Warum fühlt sich ein Treppengeländer aus Metall kälter an als eines aus Holz oder Plastik obwohl alle die gleiche Temperatur der Umgebung (z.B. 18°C) haben?

6 P

4. Stickstoff hat bei Normaldruck eine Siedetemperatur von 77K . Die Lagerung von flüssigem Stickstoff kann unter zwei Zielsetzungen stehen:

- a) Kein Massenverlust des Stickstoffs oder
 b) konstante Temperatur von 77K .

12 P

Unter welchen Bedingungen können die Ziele a) oder b) erreicht werden? Beschreiben Sie mindestens zwei Massnahmen zur Konstruktion eines geeigneten Behälters zur Aufbewahrung von flüssigem Stickstoff bei 77K .

5. Welche Wärmemenge wird benötigt, um 1 kg Wassereis bei -18°C in Wasser bei 40°C umzuwandeln (spez. Schmelzwärme des Wassereises $q_s=333\text{kJ kg}^{-1}$ und spez. Wärmekapazität des Eises $c_E=2.09\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ und des Wassers $c_w = 4.19\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$)

6 P

6. Zwei flüssige Wassermassen, $m_1=200\text{g}$ und $m_2=350\text{g}$, von denen anfangs die Masse m_1 Gefriertemperatur und die Masse m_2 Siedetemperatur hatte, werden gemischt:

- a) Bestimmen Sie die Mischungstemperatur
 b) Bestimmen Sie die gesamte Entropieänderung
 c) Welche Mischtemperatur ergibt sich, wenn die Masse m_1 als Eisklotz in die siedende Masse m_2 gegeben wird?

12 P

7. Heizungswasser soll mit Hilfe einer Wärmepumpe auf 60°C geheizt werden. Welche Temperatur muß das Erdreich haben, aus dem die Wärme entnommen wird, damit der Wirkungsgrad theoretisch 500% sein kann. Der Wirkungsgrad ist hier die dem Wasser zugeführte Wärme bezogen auf die Leistung der Pumpe, die den Kreisprozess antreibt.

6 P

Bewertung: 60 - 57 Punkte: I 47 - 36 Punkte: III
 56 - 48 Punkte: II 35 - 24 Punkte: IV

Lösungen:

Lösung:

1. Wiensches Verschiebungsgesetz:

$$\lambda_{\max} = \frac{2.9 \cdot 10^{-3} \text{ m K}}{T} \Rightarrow \lambda_{\max, 1083} = 2.3 \mu\text{m}$$

$$\lambda_{\max, 3410} = 850 \text{ nm}, \lambda_{\max, 1539} = 1.7 \mu\text{m}$$

Je höher die Temperatur, desto kürzer die Wellenlänge. Angestrebt ist das sichtbare Spektrum. Maximal kann die Temperatur knapp unter der Schmelztemperatur gewählt werden. Auch mit der höchstsen der Temperatur (Wolfram) erreicht man ,nur' 850 nm und liegt noch langwellig vom Optimum

Stefan Boltzman-Gesetz:

$$\frac{d\phi}{dA} = \sigma T^4$$

Die abgegebene Leistung ist bei gegebener Temperatur proportionla zur Oberfläche des Körpers. Der sehr lange und mehrfach spiralförmig gewickelte draht hat eine wesentlich größere Oberfläche als ein quaderförmiger Glühkörper, der in der gleichen Glühbirne Platz findet.

2. Durch die Druckabsenkung fällt die Siedetemperatur des Wassers. Wenn die Siedetemperatur unterhalb die Ausgangstemperatur gefallen ist, beginnt das Wasser zu sieden. Durch den Übergang in die Gasphase wird latente Wärme ,verbraucht' was zur Absenkung der Temperatur führt. Antwort a) ist richtig. Kartoffeln kann man auf diese Weise natürlich nicht garen. Für das Garen ist die Temperatur entscheidend und nicht das Sieden (deshalb garen Kartoffeln im Dampdrucktopf schneller).

Wertung:

- • Plankscher Strahler/ Schwarzer Körper
- • Wellenlänge kürzer für höhere Temperatur
- • Maximale Temperatur= Schmelztemperatur
- • Strahlung proportional
- • Oberfläche und größer für Draht

Maximale Punktzahl: 10

- • richtige Antwort a)
- • Erklärung des Siedens
- • als Funktion des Druckes (auch wenn nicht richtige Antwort a))
- • Kartoffeln garen nicht

Maximale Punktzahl: 8

3. Geländer ist kälter als Körpertemperatur (37°C)
 => Temperaturgradient zwischen Körperinnerem und Geländerinnerem. Temperaturgradient bewirkt Wärmeleitung, die wiederum den Gradienten vermindert, dies besonders in den Bereichen mit guter Wärmeleitung.
 => Metallgeländer hat gute Wärmeleitung, daher Temperaturgradient am Übergang zur Hand, daher kaltes Gefühl
 Holzgeländer hat schlechte Wärmeleitung daher Temperaturgradient im Holz und Oberfläche ist warm.

- • Temperaturgradient /-unterschied zu Körpertemperatur
- • Wärmeleitung unterschiedlich für Holz und Metall
- • Nachvollziehbare Erklärung

Maximale Punktzahl: 6

4. a) bei hermetischem Abschluss des Gefäßes kann kein Stickstoff entweichen => kein Massenverlust. Entweder wird dabei das Volumen konstant gehalten (Stahlflasche), dann steigt der Druck entsprechend der Dampfdruckkurve auf den (sehr hohen) Wert für Raumtemperatur oder der Druck wird konstant gehalten (Gummibehälter, Luftballon) dann steigt das Volumen auf den Wert des gasförmigen Stickstoffs.
 b) Ohne Abschluss (offenes Gefäß) wird der Stickstoff verdampfen und dabei durch die Verdunstungswärme die aufgenommene Wärme immer genau ausgleichen. Er bleibt also 77 K kalt.

- • a): geschlossenes Gefäß
- • Volumen konstant sonst nicht mehr flüssig
- • b) offenes Gefäß
- • Sieden hält Temperatur konstant
- • je Maßnahme 2 Punkte
- •

Maximale Punktzahl: 12

Um dabei möglichst wenig Stickstoff verdampfen zu lassen muss die Wärmeaufnahme aus der Umgebung minimiert werden. Drei Mechanismen tragen zur Wärmeübertragung bei:

- 1) Konvektion: Maßnahme=Vakuumisolierung
- 2) Diffusion: Maßnahme=keine Wärmebrücken, d.h. zweiwandiges Gefäß dessen zwei wände nur ganz oben am Hals verbunden sind
- 3) Strahlung: Maßnahme=Verspiegelung der Wände

5. 1.) Anwärmen auf 0°C: $W = c_E \cdot \Delta T \cdot m = 37.62kJ$
 2.) Auftauen: $W = c_E \cdot \Delta T \cdot m = 333kJ$
 3.) Anwärmen auf 40°C: $W = c_W \cdot \Delta T \cdot m = 167.6kJ$
 Gesamtwärme=583.22 kJ

- •
- •
- •

Maximale Punktzahl: 6

6. a) $T_{\text{misch}} = (m_1 T_1 + m_2 T_2) / (m_1 + m_2) = 63.64^\circ\text{C}$

b) Ersatzprozess: zwei getrennte Wasserbehälter, von denen der eine Wärme in kleinen Mengen reversibel und jeweils bei konstanter Temperatur an ein Reservoir abgibt und der andere diese Wärme danach von dort auf die gleiche Weise bezieht:

$$\Delta S_2 = \int_{100^\circ\text{C}}^{63.64^\circ\text{C}} \frac{\delta Q}{T} = \int_{100^\circ\text{C}}^{63.64^\circ\text{C}} \frac{c_W \cdot m_2}{T} dT = c_W \cdot m_2 \cdot \ln\left(\frac{336.64}{373}\right)$$

$$= -150.4 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_1 = \int_{0^\circ\text{C}}^{63.64^\circ\text{C}} \frac{\delta Q}{T} = \int_{0^\circ\text{C}}^{63.64^\circ\text{C}} \frac{c_W \cdot m_1}{T} dT = c_W \cdot m_1 \cdot \ln\left(\frac{336.64}{273}\right)$$

$$= 175.6 \text{ J/K}$$

Insgesamt nimmt die Entropie um

$$\Delta S_{\text{gesamt}} = \sum \Delta S = 25.2 \text{ J/K zu.}$$

c) Der Gesamtmasse $m_g = 550 \text{ g}$ wird die Schmelzwärme $W = q_s m_1 = 66.6 \text{ kJ}$ entzogen. Dies entspricht einer Temperaturänderung von $\Delta T = W / (c_W \cdot m_g) = 28.9 \text{ K}$. Um diesen Betrag wird die oben berechnete Mischtemperatur erniedrigt
 \Rightarrow Mischtemperatur $= 34.7^\circ\text{C}$

- • Mischtemperatur
- • Ersatzprozess
- • richtiger Ansatz fürs Integral
- • richtiges Ergebnis für Entropie
- • richtiger Ansatz für Schmelzwärme
- • Endtemperatur 34.7°C

Maximale Punktzahl: 12

7. Carnot: $\eta_c = \frac{W_{\text{Arbeit}}}{\Delta Q}$, Wärmepumpe: $\eta_w = \frac{\Delta Q}{W_{\text{Arbeit}}}$

$$\eta_w = 500\% = 5 = (\eta_c)^{-1} \Rightarrow \eta_c = \frac{1}{5}$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{5} = \frac{4}{5}$$

$$T_1 = 333 \text{ K} \Rightarrow T_2 = 266.4 \text{ K} = -6.6^\circ\text{C}$$

- • Carnot
- • Wirkungsgrad richtig transformiert
- • Ergebnis

Maximale Punktzahl: 6