

Die Sauberkeit der Arbeit geht in die Bewertung mit ein.
Die Antworten auf die Fragen sind auf die notwendigen Aussagen zu beschränken.
Auf die Verwendung der Fachsprache wird Wert gelegt.

1. Nenne drei Auswirkungen von Temperaturänderungen, die zur Temperaturmessung herangezogen werden können. Wie heißen die dazugehörigen Thermometer-Arten?
2. Ein massiver Kupferzylinder mit Durchmesser 5,0 cm und Höhe 6,0 cm ist mit einer Schnur umwickelt, an deren einem Ende ein Massestück von 2,0 kg hängt. Die Gewichtskraft dieses Massenstücks wird durch Drehen des Kupferzylinders um seine Symmetrieachse aufgefangen, so dass das Massenstück auf der gleichen Höhe bleibt, obwohl das andere Ende der Schnur nirgends befestigt ist.
 - a) Welche Masse hat der Kupferzylinder? (Ersatzwert: 0,75 kg)
 - b) Welche Temperatur ϑ_w des Zylinders ist nach 600 Umdrehungen zu erwarten, wenn seine Anfangstemperatur $\vartheta_o = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ betrug? (Ersatzwert: $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$)
 - c) Der erwärmte Kupferzylinder wird nun in ein Gefäß mit 250 ml Wasser der Temperatur $\vartheta_o = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ gegeben. Welche Mischtemperatur ϑ_m ist zu erwarten?
3.
 - a) Bestreut man Schnee der Temperatur $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ mit Kochsalz (von $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$), so schmilzt der Schnee. Gleichzeitig ändert sich die Temperatur der Mischung. In welche Richtung?
Begründe die Antwort.
 - b) In der Sauna können Temperaturen um $100 \text{ }^\circ\text{C}$ herrschen. Warum können sich Menschen bei solchen Temperaturen dort aufhalten?
4. Unverbleites Benzin für Otto-Motoren kostet derzeit $1,55 \text{ €}$ pro Liter. Der Wirkungsgrad eines solchen Motors beträgt $\eta_{\text{Otto}} = 0,25$. Bei elektrischem Strom bezahlt man pro kWh derzeit $0,23 \text{ €}$, der Wirkungsgrad von Elektromotoren ist etwa $\eta_{\text{Elektro}} = 0,90$. Berechne für beide Antriebsarten, welche Nutzarbeit in MJ für $1,00 \text{ €}$ verrichtet werden kann.

Stoffdaten:

Stoff	Wasser	Kupfer	Fahr-Benzin
Dichte	$1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$8,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$0,78 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Wärmekapazität	$4,18 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$	$0,383 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$	
Heizwert			$\approx 42 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$

Viel Erfolg !

1. Nenne drei Auswirkungen von Temperaturänderungen, die zur Temperaturmessung herangezogen werden können. Wie heißen die dazugehörigen Thermometer-Arten?

Drei der nachfolgenden Punkte sind zu nennen.

Effekt	Thermometer bzw. Auswertung
Ausdehnung von Feststoffen	Bimetallthermometer
Ausdehnung von Flüssigkeiten	Flüssigkeitsthermometer
Ausdehnung von Gasen	Gasthermometer
Farbänderung von Farbstoffen	Thermochrompapier
Änderung der Glutfarbe	Vergleich mit Temperaturtafel
Schmelz- und Siedepunkte von Referenzstoffen	Vergleich mit Tabellenwerten

2. Ein massiver Kupferzylinder mit Durchmesser 5,0 cm und Höhe 6,0 cm ist mit einer Schnur umwickelt, an deren einem Ende ein Massestück von 2,0 kg hängt. Die Gewichtskraft dieses Massenstücks wird durch Drehen des Kupferzylinders um seine Symmetrieachse aufgefangen, so dass das Massenstück auf der gleichen Höhe bleibt, obwohl das andere Ende der Schnur nirgends befestigt ist.

- a) Welche Masse hat der Kupferzylinder? (Ersatzwert: 0,75 kg)

$$r = 2,5 \text{ cm}; h = 6,0 \text{ cm}; \rho = 8,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$V = G \cdot h = \pi r^2 h = \pi \cdot (2,5 \text{ cm})^2 \cdot 6,0 \text{ cm} = 118 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho \cdot V = \pi r^2 h \rho$$

$$= \pi \cdot (2,5 \text{ cm})^2 \cdot 6,0 \text{ cm} \cdot 8,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1056 \text{ g} = 1,1 \text{ kg}$$

- b) Welche Temperatur ϑ_w des Zylinders ist nach 600 Umdrehungen zu erwarten, wenn seine Anfangstemperatur $\vartheta_o = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ betrug? (Ersatzwert: $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$r = 2,5 \text{ cm}; m_g = 2,0 \text{ kg}; m_{\text{Cu}} = 1,1 \text{ kg}; n = 600; c = 0,383 \frac{\text{J}}{\text{gK}}; \vartheta_o = 20,0 \text{ }^\circ\text{C};$$

Wirksame Kraft: $F = m_g \cdot g = 2,0 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 19,6 \text{ N}$

Weg pro Umdrehung: $s = 2\pi r = 2\pi \cdot 0,025 \text{ m} = 0,16 \text{ m}$

Arbeit pro Umdr.: $W_1 = F \cdot s = 19,6 \text{ N} \cdot 0,16 \text{ m} = 3,1 \text{ J}$

Gesamte Arbeit: $W = n \cdot W_1 = 600 \cdot 3,1 \text{ J} = 1,9 \text{ kJ}$

Energieerhaltung: $W = m_{\text{Cu}} \cdot c \cdot (\vartheta_w - \vartheta_o)$

$$\vartheta_w - \vartheta_o = \frac{W}{m_{\text{Cu}} \cdot c}$$

$$\vartheta_w = \frac{W}{m_{\text{Cu}} \cdot c} + \vartheta_o = \frac{1,9 \cdot 10^3 \text{ J}}{1100 \text{ g} \cdot 0,383 \frac{\text{J}}{\text{gK}}} + 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 4,5 \text{ }^\circ\text{C} + 20,0 \text{ }^\circ\text{C} = 24,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\left[\text{für } m_{\text{Cu}} = 0,75 \text{ kg: } \vartheta'_w = 26,6 \text{ }^\circ\text{C} \right]$$

2. c) Der erwärmte Kupferzylinder wird nun in ein Gefäß mit 250 ml Wasser der Temperatur $\vartheta_o = 18,0\text{ }^\circ\text{C}$ gegeben. Welche Mischtemperatur ϑ_m ist zu erwarten?

$$V_w = 250\text{ cm}^3; m_{\text{Cu}} = 1,1\text{ kg}; c_{\text{Cu}} = 0,383\frac{\text{J}}{\text{gK}}; c_w = 4,18\frac{\text{J}}{\text{gK}}; \vartheta_o = 18,0\text{ }^\circ\text{C}; \vartheta_w = 24,5\text{ }^\circ\text{C};$$

$$\text{Wassermasse: } m_w = V_w \cdot \rho_w = 250\text{ cm}^3 \cdot 1,00\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,250\text{ kg}$$

$$\text{Energieerhaltung: } \Delta E_{\text{auf}} = \Delta E_{\text{ab}}$$

$$m_w \cdot c_w \cdot (\vartheta_m - \vartheta_o) = m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot (\vartheta_w - \vartheta_m)$$

$$m_w \cdot c_w \cdot \vartheta_m - m_w \cdot c_w \cdot \vartheta_o = m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_w - m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_m$$

$$m_w \cdot c_w \cdot \vartheta_m + m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_m = m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_w + m_w \cdot c_w \cdot \vartheta_o$$

$$\vartheta_m (m_w \cdot c_w + m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}}) = m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_w + m_w \cdot c_w \cdot \vartheta_o$$

$$\vartheta_m = \frac{m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} \cdot \vartheta_w + m_w \cdot c_w \cdot \vartheta_o}{m_w \cdot c_w + m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}}}$$

$$\begin{aligned} \vartheta_m &= \frac{1,1\text{ kg} \cdot 0,383\frac{\text{J}}{\text{gK}} \cdot 24,5\text{ }^\circ\text{C} + 0,25\text{ kg} \cdot 4,18\frac{\text{J}}{\text{gK}} \cdot 18,0\text{ }^\circ\text{C}}{1,1\text{ kg} \cdot 0,383\frac{\text{J}}{\text{gK}} + 0,25\text{ kg} \cdot 4,18\frac{\text{J}}{\text{gK}}} \\ &= 19,9\text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{für } m_{\text{Cu}} = 0,75\text{ kg und } \vartheta_w = 26,6\text{ }^\circ\text{C: } \vartheta'_m = 19,9\text{ }^\circ\text{C} \\ \text{für } m_{\text{Cu}} = 0,75\text{ kg und } \vartheta_w = 25,0\text{ }^\circ\text{C: } \vartheta''_m = 19,5\text{ }^\circ\text{C} \\ \text{für } m_{\text{Cu}} = 1,1\text{ kg und } \vartheta_w = 25,0\text{ }^\circ\text{C: } \vartheta'''_m = 20,0\text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right]$$

3. a) Bestreut man Schnee der Temperatur $-1,0\text{ }^\circ\text{C}$ mit Kochsalz (von $-1,0\text{ }^\circ\text{C}$), so schmilzt der Schnee. Gleichzeitig ändert sich die Temperatur der Mischung. In welche Richtung?

Begründe die Antwort.

Zum Schmelzen des Schnees ist Energie notwendig. Diese Energie wird dem Gemisch in Form von Wärme entzogen, es kühlt also unter die Anfangstemperatur ab.

- b) In der Sauna können Temperaturen um $100\text{ }^\circ\text{C}$ herrschen. Warum können sich Menschen bei solchen Temperaturen dort aufhalten?

Beim Schwitzen verdunstet Wasser an der Hautoberfläche, die Verdunstungskälte kühlt die Haut ab.

4. Unverbleites Benzin für Otto-Motoren kostet derzeit 1,55 € pro Liter. Der Wirkungsgrad eines solchen Motors beträgt $\eta_{\text{Otto}} = 0,25$. Bei elektrischem Strom bezahlt man pro kWh derzeit 0,23 €, der Wirkungsgrad von Elektromotoren ist etwa $\eta_{\text{Elektro}} = 0,90$. Berechne für beide Antriebsarten, welche Nutzarbeit in MJ für 1,00 € verrichtet werden kann.

$$P_{\text{Benzin}} = 1,55 \frac{\text{Euro}}{\text{l}}, \eta_{\text{Otto}} = 0,25; \rho_{\text{Benzin}} = 0,78 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}; H_{\text{Benzin}} = 42 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}};$$

$$P_{\text{Elektro}} = 0,23 \frac{\text{Euro}}{\text{kWh}}; \eta_{\text{Elektro}} = 0,90;$$

Otto-Motor:

$$\begin{aligned} \text{Masse pro Liter Benzin:} \quad m &= \rho_{\text{Benzin}} \cdot 1000 \text{ cm}^3 = 0,78 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1000 \text{ cm}^3 \\ &= 780 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Brennwert pro Liter Benzin:} \quad E = H_{\text{Benzin}} \cdot m = 42 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 0,78 \text{ kg} = 33 \text{ MJ}$$

$$\text{Arbeit pro Liter Benzin:} \quad W_{\text{Otto}} = E \cdot \eta_{\text{Otto}} = 33 \text{ MJ} \cdot 0,25 = 8,3 \text{ MJ}$$

$$\text{Arbeit pro 1,00 € :} \quad \frac{W_{\text{Otto}}}{1,55} = \frac{8,3 \text{ MJ}}{1,55} = \underline{\underline{5,4 \text{ MJ}}}$$

Elektromotor:

$$\begin{aligned} \text{Arbeit pro kWh:} \quad W_{\text{Elektro}} &= 1,0 \text{ kWh} \cdot \eta_{\text{Elektro}} = 1,0 \text{ kW} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 0,90 \\ &= 3,2 \text{ MJ} \end{aligned}$$

$$\text{Arbeit pro 1,00 € :} \quad \frac{W_{\text{Elektro}}}{0,23} = \frac{3,2 \text{ MJ}}{0,23} = \underline{\underline{14 \text{ MJ}}}$$