

Übungsaufgaben

1. (a) In der Internationalen Praktischen Temperaturskala (IPTS-68) sind u.a. folgende Fixpunkte festgelegt:

Tripelpunkt von Wasserstoff	13,81 K
Tripelpunkt von Sauerstoff	54,361 K
Siedepunkt von Sauerstoff	90,188 K
Tripelpunkt von Wasser	273,16 K
Siedepunkt von Wasser	373,15 K
Erstarrungspunkt von Silber	1235,08 K
Erstarrungspunkt von Gold	1337,58 K

Geben Sie diese Temperaturen in °C und °F an.
(b) Welche Temperatur hat in der Celsius- und Fahrenheitskala den selben Zahlenwert?
2. Die theoretische Leistung einer Wasserturbine ist gegeben durch die Größengleichung $P = V\rho gh$. Die Größengleichung soll in eine Zahlenwertgleichung umgeformt werden, welche die Leistung P in PS angibt, wenn Durchsatzvolumen in $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, die Dichte in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$, die Erdbeschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ und die Fallhöhe in m eingesetzt werden.
3. Einer Masse m mit der spezifischen Wärmekapazität c wird innerhalb der Zeit t die konstante Leistung P zugeführt. Dadurch erhöht sich ihre Temperatur um ΔT .
 - (a) Geben Sie die Größengleichung für die Temperaturdifferenz ΔT an.
 - (b) Formen Sie die Größengleichung in eine Zahlenwertgleichung um, in der die Temperaturdifferenz ΔT in K, die Masse m in kg, die Wärmekapazität c in $\frac{\text{J}}{\text{gK}}$, die Zeit t in min und die Leistung P in PS eingesetzt wird.
4. Eine Kraftwerksanlage ist als thermodynamisches System zu betrachten. Von außen wird dem System Wärme in Form von $1000\frac{\text{t}}{\text{Tag}}$ Kohle mit einem Heizwert von $12000\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ zugeführt, nach außen werden durch Kühlwasser usw. stündlich $4 \cdot 10^8 \text{kJ}$ Wärme abgeführt. Welche elektrische Leistung in MW gibt das System ab und wie groß ist der Wirkungsgrad des Kraftwerks?
5. Durch die adiabat isolierte Turbine eines Pumpspeicherkraftwerkes strömen $8 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser mit einer Fallhöhe von 100 m. Die Turbine leistet 7000 kW.
 - (a) Wie groß ist der Wirkungsgrad der Turbine?
 - (b) Um wieviel Kelvin erwärmt sich das Wasser in der Turbine? Geschwindigkeits- und Dichteunterschiede sind vernachlässigbar. $\rho_w = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3$; $c_w = 4,19 \text{ kJ}/\text{kgK}$; $g = 9,81 \text{ m}/\text{s}^2$.
6. In einem Dampfkessel werden stündlich 100 t Wasser verdampft und der Dampf in einer wärmeisolierten Turbine entspannt. Die spezifische Enthalpie des Wassers beträgt $h_1 = 128 \text{ kJ}/\text{kg}$, die des Dampfes beträgt bei Kesselaustritt und Turbineneintritt $h_2 = 3150 \text{ kJ}/\text{kg}$ und bei Turbinenaustritt $h_3 = 2350 \text{ kJ}/\text{kg}$. Berechnen Sie
 - (a) die im Kessel pro kg erzeugten Dampfes zugeführte Wärme,
 - (b) die pro kg Dampf in der Turbine abgegebene Arbeit,
 - (c) die Leistung der Turbine,
 - (d) den Wirkungsgrad der Anlage.

7. Einer Gasmenge wird bei konstantem Druck $p = 1 \text{ bar}$. 500 kJ Wärme zugeführt. Dabei vergrößert sich ihr Volumen von 4 m^3 auf $5,5 \text{ m}^3$. Berechnen Sie
- die Volumenarbeit des Gases,
 - die Änderung ihrer inneren Energie,
 - die Änderung ihrer Enthalpie.
8. (a) Ein Stahlblock von 14 kg wird zum Schmieden von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt. Welche Wärmemenge muß ihm dabei zugeführt werden? ($c_{\text{Fe}} = 0,7 \text{ kJ/kgK}$).
- (b) Nachdem sich der Stahl während des Schmiedens auf $850 \text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt hat, wird er in einem Behälter der 1000 kg Wasser ($c = 4,19 \text{ kJ/kgK}$) von $30 \text{ }^\circ\text{C}$ enthält, abgeschreckt. Welche Gleichgewichtstemperatur stellt sich ein, wenn der Behälter nach außen völlig wärmeisoliert ist und seine Wärmekapazität $C_B = 20 \text{ kJ/K}$ beträgt?
9. Ein Autoreifen, dessen Volumen konstant $0,02 \text{ m}^3$ beträgt, ist mit Luft von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $2,6 \text{ bar}$ gefüllt. Während der Fahrt erwärmt sich die Luft im Reifen auf $55 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Gaskonstante der Luft ist $0,287 \text{ kJ/(kg K)}$
- Welcher Druck herrscht im Reifen während der Fahrt?
 - Welche Luftmenge muß abgegeben werden, damit der Reifendruck $2,6 \text{ bar}$ während der Fahrt beträgt?
10. Für ein Gemisch, das zugleich Massenteilen aus den idealen Gasen Argon, Stickstoff und Kohlendioxid besteht, sind zu berechnen:
- die Gaskonstante,
 - die molare Masse,
 - die Zusammensetzung in Raumteilen,
 - die Dichte bei Normzustand,
 - das Verhältnis der Wärmekapazitäten κ .
- | Stoffwerte: | | | |
|--------------|----------|--------------|--|
| Gas | κ | Molare Masse | |
| Argon | 1,66 | 40 kg/kmol | |
| Stickstoff | 1,40 | 28 kg/kmol | |
| Kohlendioxid | 1,30 | 44 kg/kmol | |
11. 1 kg Wasser wird bei $35 \text{ }^\circ\text{C}$ und 700 Torr elektrolytisch in Wasserstoff und Sauerstoff nach der folgenden Formel zerlegt: $1 \text{ kmol H}_2\text{O} \rightarrow 1 \text{ kmol H}_2 + 0,5 \text{ kmol O}_2$. ($1 \text{ Torr} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$) Berechnen Sie für das entstehende Knallgasgemisch:
- die Zusammensetzung in Gewichtsteilen,
 - das Volumen,
 - die Partialdrücke der Komponenten,
 - die Massen- und Stoffmengenkonzentrationen in kg/m^3 bzw. in kmol/m^3 .
12. In welchem Volumenverhältnis muß man beim Helium ($M_{\text{He}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 4 \text{ kg/kmol}$) und Argon ($M_{\text{Ar}} = 40 \text{ kg/kmol}$) beim physikalischen Normzustand mischen, um ein Gasgemisch von der Dichte $1,2 \text{ kg/m}^3$ zu erhalten. Berechnen Sie zunächst die Gaskonstante und die molare Masse des Gemisches.

Ergebnisse der Übungsaufgaben

	K	°C	°F
Tripelpunkt von Wasserstoff	13,81	-259,34	-434,81
Tripelpunkt von Sauerstoff	54,361	-218,79	-361,82
Siedepunkt von Sauerstoff	90,188	-182,96	-297,33
Tripelpunkt von Wasser	273,16	0,01	32,02
Siedepunkt von Wasser	373,15	100,00	212,00
Erstarrungspunkt von Silber	1235,08	961,93	1763,47
Erstarrungspunkt von Gold	1337,58	1064,43	1947,97

1. (a)

(b) $-40\text{ °C} = -40\text{ °F}$ 2. Größengleichung: $P = \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot h$ Zahlenwertgleichung: $P_{\text{PS}} = \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \frac{1,36\text{ PS}}{\text{W}}$ 3. Größengleichung: $\Delta T = \frac{P \cdot t}{m \cdot c}$ Zahlenwertgleichung: $\Delta T = \frac{\text{W}}{1,36\text{ PS}} \frac{P_{\text{PS}} \cdot 60 \cdot t_{\text{min}}}{m \cdot c}$

4. 27,78 MW; 20 %

5. 89,2 %; 0,025 K

6. 3022 kJ/kg; -800 kJ/kg; -22,2 MW; 26,5 %

7. $-1,5 \cdot 10^5\text{ Nm}$; 350 kJ; 500 kJ

8. 10584 kJ; 31,9 °C

9. 2,91 bar; 0,228 mol

10. 0,231 kJ/(kg K); 36 kg/kmol; 0,3 Ar + 0,43 N₂ + 0,27 CO₂; 1,606 kg/m³; 1,4111. 1/9 kg H₂/kg H₂O + 8/9 kg O₂/kg H₂O; 2,293 m³; 0,621 bar für H₂ und 0,310 bar für O₂; 0,0485 kg H₂/m³ und 0,3877 kg O₂/m³; 0,0242 kmol H₂/m³ und 0,0121 kmol O₂/m³12. 309,13 J/(kg K); 23,895 kg/kmol; 0,364 m³ He/m³ und 0,636 m³ Ar/m³