

Aufgabe 1 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Nach einer schnellen Autobahnfahrt ist der Luftdruck im Reifen 0,2 bar höher als vorher. Worauf ist das zurückzuführen?

Aufgabe 2 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Die Temperatur von einem Kubikmeter Luft wird von 0°C auf 120°C erhöht. Der Druck soll konstant bleiben. Welches Volumen hat das Gas anschließend?

Aufgabe 3 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Bei welcher Temperatur in °C nimmt ein Gas unter konstantem Druck das doppelte Volumen ein, wenn das Gas eine Anfangstemperatur von 15 °C hat?

Aufgabe 4 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Eine kugelförmige Luftblase steigt im Wasser auf. In einer Tiefe von 20 m hat sie einen Durchmesser von 1 cm. Welchen Durchmesser hat sie kurz vor Erreichen der Oberfläche? (Temperaturunterschiede können vernachlässigt werden)

Aufgabe 5 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Eine Druckflasche mit dem Innenvolumen 50 Liter enthält Wasserstoff unter dem Druck 1,0 MPa bei der Temperatur 20 °C. Mit Hilfe dieser Druckflasche wird ein Wetterballon bei einem Außenluftdruck 980 hPa gefüllt, bis Druckausgleich erfolgt ist. Das Füllen des Ballons geschehe isotherm; durch die Ballonhülle entsteht kein zusätzlicher Druck auf das Gas. Wasserstoff wird vereinfacht als ideales Gas betrachtet.
a) Berechnen Sie die Masse und die Dichte des ursprünglich in der Druckflasche eingeschlossenen Wasserstoffs.
b) Ermitteln Sie das Volumen des gefüllten Ballons und die Dichte des in ihm enthaltenen Wasserstoffs.

Aufgabe 6 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Die Dichte von Chlorgas beträgt im Normzustand 3,22 kg/ m³. Welche Dichte hat das Gas bei -20°C, bei konstantem Druck?

Aufgabe 7 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)
Wird die (in Grad Celsius gemessene) Temperatur des in einem festen Behälter eingeschlossenen Gases um 50% erhöht, so steigt der Druck um 10%.
Welche Anfangstemperatur hatte das Gas?

Aufgabe 8 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)

Welche Dichte hat das in einer Druckflasche eingeschlossene Wasserstoffgas bei 20°C und 15MPa Druck?

Aufgabe 9 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)

In einem Labor wird Stickstoff bei einer konstanten Temperatur von 20,0 °C in eine 100-Liter-Stahlflasche gedrückt. Dabei wächst der Druck von 100 kPa auf 22,1 MPa. Diese Flasche ist bis zu einem Maximaldruck von 28,0 MPa zugelassen.

- Berechnen Sie die maximal zulässige Temperatur, bei der die gefüllte Flasche gelagert werden darf.
- Berechnen Sie die Masse des eingefüllten Stickstoffs.

Aufgabe 10 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)

Eine Luftmenge von der Temperatur 20°C wird sprunghaft auf das doppelte Volumen expandiert. Wie groß ist dann die Temperatur der Luft?

Aufgabe 11 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)

Eine abgeschlossenen Menge eines ideales Gas soll sich entsprechend dem Gesetz von BOYLE und MARIOTTE isotherm (bei gleichbleibender Temperatur) ausdehnen. Welche Aussage über die Wärme ist richtig?

- Es muss Wärme zugeführt werden.
- Es muss Wärme weder zugeführt noch abgegeben werden.
- Es muss Wärme abgegeben werden.

Aufgabe 12 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)

In einem Zylinder wird Argon, das als ideales Gas angesehen wird, bei der konstanten Temperatur 350 K vom Volumen 24,0 dm³ auf das Volumen 6,00 dm³ komprimiert. Der Anfangsdruck beträgt 0,400 MPa. (Spezifische Gaskonstante für Argon: $R=207,9 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

- Berechnen Sie die Masse des Argongases.
- Stellen Sie diesen Zusammenhang in einem p-V-Diagramm dar. Berechnen Sie dazu fünf Wertepaare. Der Inhalt der Fläche unter der Kurve im p-V-Diagramm ist ein Maß für die zu Kompression erforderlichen Arbeit. Ermitteln Sie diese Kompressionsarbeit.

Aufgabe 13 (Thermodynamik, Zustandsgleichung der Gase)

In einer Sauerstoffflasche befinden sich bei einem Überdruck von 5,0 MPa 50 Liter Sauerstoff. Bei einem Luftdruck von $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ werden 0,85 m³ Sauerstoff entnommen. Wie groß ist danach der Überdruck in der Flasche, wenn die Temperatur als konstant angenommen wird?

Aufgabe 14

Eine leere, verschlossene Flasche (21°C ; $p=1,02\text{bar}$) wird in die Sonne gestellt und erwärmt sich dort auf 31°C . Berechne den Luftdruck in der Flasche!

Aufgabe 15

Im 16. Jahrhundert wurde die Luftpumpe entwickelt. Welcher Druck ist in einer festen Kugel ($V_{\text{Kugel}} = 0,11 \text{ m}^3$), wenn mit der Luftpumpe 18 mal das Volumen ($V_{\text{Pumpe}} = 1,2 \text{ dm}^3$) in die Kugel gepumpt wurde. Der Anfangsdruck im Inneren der Kugel war $1,013 \text{ bar}$.

Aufgabe 16

Dorsche werden durch Schleppnetze sehr schnell aus 270m Tiefe an die Wasseroberfläche geholt. Durch die Ausdehnung der Luft in der Schwimmblase (20 cm^3 in 270m Tiefe) drückt es dem Fisch den Darm aus dem Maul. Berechne das Volumen der Schwimmblase an der Wasseroberfläche! Tipp: Druckzunahme im Wasser ist 1bar pro 10m Tiefe.

Aufgabe 17

Ein Tiefseefisch schwimmt bei konstanter Körpertemperatur aus einer Tiefe von 600 m an die Wasseroberfläche. Wie viel Luft muss er ablassen, wenn die Schwimmblase in der Tiefe und an der Wasseroberfläche 5 cm^3 hat.

Aufgabe 18

Die Luft in einem Backofen ($l = 40 \text{ cm}$, $b = 40 \text{ cm}$, $h = 30 \text{ cm}$) wird von 20°C auf 200°C erwärmt. Der Luftdruck beträgt am Anfang 1 bar . a) Berechne den Innendruck am Ende des Aufwärmens, wenn keine Luft aus dem Backofen entweicht. b) Berechne das Volumen der Luft, die aus dem Backofen entweicht, wenn der Herd nicht luftdicht ist.

Aufgabe 19

Im Jahr 1891 stieg Berson mit einem Ballon auf eine Höhe von 10km . Der Ballon konnte maximal 8400m^3 Gas fassen. Die Temperatur auf dem Erdboden betrug 30°C , es herrschte ein Luftdruck von $1,0\text{bar}$. In 10km Höhe betrug die Temperatur -30°C bei einem Luftdruck von $0,28\text{bar}$. Wie viel Gas war auf dem Erdboden im Ballon, wenn er in der Höhe voll gespannt war?

Aufgabe 20

Der Ballon konnte maximal 8400m^3 Gas fassen. Die Temperatur auf dem Erdboden betrug 30°C , es herrschte ein Luftdruck von $1,0\text{bar}$. In 10km Höhe betrug die Temperatur -30°C bei einem Luftdruck von $0,28\text{bar}$. Wie viel Gas war auf dem Erdboden im Ballon, wenn er in der Höhe voll gespannt war? (Lösung: $T_2 = 327,15^{\circ}\text{C}$, $\rho = 1,35 \text{ kg/m}^3$)

Aufgabe 21

Ein ideales Gas hat bei einem Druck von 2,5 bar und $J_1 = 27^\circ\text{C}$ eine Dichte von $\rho_1 = 2,7 \text{ kg/m}^3$. Durch isobare Wärmezufuhr soll sich das Gasvolumen V_1 verdoppeln ($V_2 = 2V_1$). Wie groß sind nach der Wärmezufuhr die Temperatur J_2 und die Dichte ρ_2 des Gases?

(Lösung: $J_2 = 327,15^\circ\text{C}$, $\rho_2 = 1,35 \text{ kg/m}^3$)

Aufgabe 22

Ein Behälter mit $V = 7,36 \text{ m}^3$ enthält 1370 kg Ethan (C_2H_6). Welche Werte haben spezifisches Volumen, Dichte und Molvolumen? Welche Stoffmenge befindet sich im Behälter? ($M_{\text{Ethan}} = 30,05 \text{ kg/kmol}$)

(Lösung: $v = 5,37 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$, $\rho = 186 \text{ kg/m}^3$, $V_M = 0,161 \text{ m}^3/\text{kmol}$, $n = 45,6 \text{ kmol}$)

Aufgabe 23

Welche Dichte und welches spezifische Volumen hat Stickstoff bei einem Druck von $p = 1005 \text{ mbar}$ und einer Temperatur von $J = 25^\circ\text{C}$? Wie groß ist die Dichte im Normzustand ($J_0 = 0^\circ\text{C}$, $p_0 = 1013 \text{ mbar}$)?

Gaskonstante N_2 : $R_i = 296,8 \text{ J/kgK}$

Lösung: $\rho = 1,136 \text{ kg/m}^3$, $v = 0,881 \text{ m}^3/\text{kg}$, $\rho_0 = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Aufgabe 24

Wieviel Masse („wieviel wiegt“) hat ein Normkubikmeter Luft? ($R_i = 287 \text{ Nm/kgK}$) Lösung: $m = 1,293 \text{ kg}$

Aufgabe 25

Ein Druckbehälter mit $V = 20 \text{ m}^3$ Inhalt ist mit Sauerstoff gefüllt, der unter einem absoluten Druck von $p_1 = 7 \text{ bar}$ und einer Temperatur $J_1 = 20^\circ\text{C}$ steht. Nach einer Gasentnahme ist der Druck im Behälter noch 4,2 bar und die Temperatur ist auf 12°C gesunken. (Gaskonstante O_2 : $R_i = 259,8 \text{ Nm/kgK}$).

Wieviel kg Sauerstoff wurden dem Behälter entnommen? Lösung: $m_1 - m_2 = 70,4 \text{ kg}$.

Aufgabe 26

In einer Sauerstoffflasche von 10 l Inhalt befindet sich Sauerstoff von $J_1 = 20^\circ\text{C}$ und $p_1 = 50 \text{ bar}$. Durch Nutzung des Sauerstoffs fällt der Flaschendruck auf $p_2 = 40 \text{ bar}$ bei gleichbleibender Temperatur.

Welche Masse an Sauerstoff wurde entnommen? (Gaskonstante O_2 : $R_i = 259,8 \text{ Nm/kgK}$). Skizzieren Sie den Prozessverlauf im p-v- und im p-T-Diagramm.

Lösung: $m_1 - m_2 = 0,131 \text{ kg}$

Aufgabe 27

In einem Produktionsraum zur Tablettenherstellung mit $V = 2 \text{ m}^3$ soll gegenüber der Umgebung eine Druckdifferenz von $-0,3 \text{ bar}$ bei konstanter Temperatur von 26°C erzeugt werden, damit keine Wirkstoffe in die Umwelt gelangen können.

Welche Luftmasse ist abzusaugen?

Lösung: $m_1 - m_2 = 0,3 \cdot m_1 = 0,722 \text{ kg}$

Aufgabe 28

Eine geschlossene Dose ist mit einem idealen Fluid gefüllt, $p_1 = 0,3 \text{ bar}$ Überdruck bei $J_1 = 37^\circ\text{C}$. Die Dose wird in ein Wasserbad von $J_2 = 96^\circ\text{C}$ getaucht. Welcher Enddruck stellt sich in der Dose ein?

Lösung: $p_2 = 1,55 \text{ bar}$

Aufgabe 29

Durch eine sich erweiternde Rohrleitung strömt Wasser. Die mittlere Eintrittsgeschwindigkeit in das Rohr ist $0,0632 \text{ m/s}$, Eintritts- $\varnothing = 4,84 \text{ mm}$, Austritts- $\varnothing = 112,3 \text{ mm}$. Wie groß sind im Austrittsquerschnitt Massenstrom, Massenstromdichte und Strömungsgeschwindigkeit? (Dichte von Wasser: $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$).

Lösung: $m_2 = 0,116 \text{ kg/s}$, $l_2 = 11,7 \text{ kg/m}^2\text{s}$, $w_2 = 0,0117 \text{ m/s}$

Aufgabe 30

Ein Druckbehälter von 3 m^3 Inhalt ist mit Stickstoff gefüllt, der zunächst unter einem Druck von $p_1 = 2 \text{ bar}$ und $J_1 = 15^\circ\text{C}$ steht. Nach einer Wärmezufuhr steigt die Temperatur auf $J_2 = 250^\circ\text{C}$. -Wie groß ist der Druck p_2 nach der Wärmezufuhr? -Welche Wärmemenge $Q_{1,2}$ wurde zugeführt?

$R_i = 296,8 \text{ J/kgK}$, $c_{vm} = 0,927 \text{ kJ/Nm}^3\text{K}$ ($\text{Nm}^3 = \text{Norm m}^3$)

Lösung: $p_2 = 3,63 \text{ bar}$, $Q_{1,2} = +1224 \text{ kJ}$.

Aufgabe 31

500 g Stahl ($c_m = 0,716 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$) von 800°C werden in 10 kg Wasser ($c_m = 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$) von 15°C abgeschreckt. Die spezifischen Wärmekapazitäten

bleiben unverändert. Wie hoch steigt die Temperatur des Wassers, wenn der Temperatúrausgleich ohne Wärmeabgabe an die Umgebung erfolgt?

Lösung: $J_m = 21,65^\circ\text{C}$

Aufgabe 32

In einem Verdichter mit nichtadiabaten Wänden wird Luft komprimiert, wobei ihr die innere Arbeit 10MJ zugeführt wird. Die Enthalpie soll sich während des Verdichtungs Vorgangs nicht ändern (isenthalp). Wieviel Wärme muß zu- oder abgeführt werden?

Lösung: $Q_{1,2} = -10\text{MJ}$
(abzuführen)

Aufgabe 33

Eine Gasturbine saugt Luft von $p_1 = 1\text{ bar}$ und $J_1 = 20^\circ\text{C}$ an, der Mengenstrom beträgt $9,5\text{ kg/s}$. Die heißen Gase verlassen die Gasturbine mit $p_2 = 2\text{ bar}$ und $J_2 = 500^\circ\text{C}$. An der Gasturbine wird eine techn. Leistung $W_{t1,2} = 10\text{ MW}$ abgenommen. (spez. Wärmekapazität Luft $c_{pm} = 1,004\text{ kJ/kgK}$) Welche Wärmemenge pro Zeit (=Wärmestrom) wird der Gasturbine zugeführt?

Lösung: $Q_{1,2} = +14578\text{ kJ/s}$

Aufgabe 34

In einem N_2 -Verdichter werden stündlich 100 kg N_2 bei einer Ansaugtemperatur von 50°C verdichtet. Der Verdichter nimmt eine techn. Leistung von $3,5\text{ kW}$ auf und gibt durch Kühlung einen Wärmestrom von 3350 kJ/h ab. spez. Wärmekapazität N_2 : $c_{pm} = 1,039\text{ kJ/kgK}$ Berechnen Sie die Temperatur des N_2 nach der Verdichtung.

Lösung: $J_2 = 139^\circ\text{C}$.

Aufgabe 35

In einem adiabaten Zylinder von 500 l befindet sich ein ideales Gas. Der Druck wird durch einen belasteten Kolben auf 2 bar (absolut) gehalten. Dem Gas wird die Dissipationsenergie $W_{\text{diss}1,2} = 0,2\text{ kWh}$ (Rührer) zugeführt, wobei sich die Temperatur von 18°C auf 600°C erhöht. Der Umgebungsdruck beträgt $0,98\text{ bar}$. Wie groß ist die Volumenänderungsarbeit?

Wieviel ändert sich die innere Energie des Systems? Nimmt sie zu oder ab? Wie groß ist die an die Kolbenstange abgegebene Nutzarbeit?