

Übungsaufgaben Physik I

Übungsserie 6*

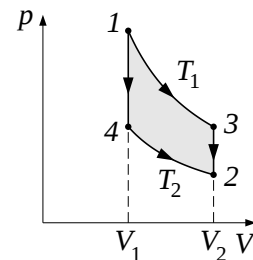
Thermodynamik

Pflichtaufgaben

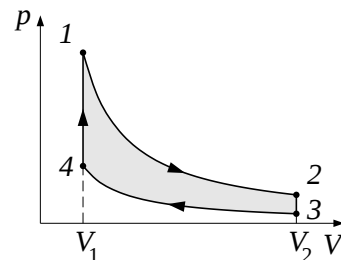
6.3.2** (327) Die in einem Wohnraum von $V_1 = 60 \text{ m}^3$ bei der Temperatur $\vartheta_1 = 10^\circ\text{C}$ und dem Normalluftdruck $p_1 = p_0 = 1013,25 \text{ mbar (hPa)}$ befindliche Menge Luft (Molmasse $28,85 \text{ g/mol}$) wird bei gleich bleibendem Druck durch eine Raumheizung auf die Temperatur $\vartheta_2 = 25^\circ\text{C}$ erwärmt. a) Wie groß sind Masse m_1 und Dichte ϱ_1 der sich im Zimmer befindlichen Luft vor der Erwärmung? b) Auf welchen Wert ϱ_2 ändert sich die Dichte der Luft nach der Erwärmung und welche Luftmenge entweicht dem Raum? c) Welcher Druck würde nach der Erwärmung herrschen, wenn der Wohnraum so isoliert wäre, dass kein Druckausgleich mit der Umgebung stattfinden könnte? [Gln. (16.20), (4.6)]

7.1.12** (362) Luft (Molmasse $M \approx 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$) wird von einem Kompressor bei Atmosphärendruck $p_1 = 1 \text{ bar}$ und bei der Temperatur $T = 294 \text{ K}$ angesaugt und auf den Druck $p_2 = 35 \text{ bar}$ verdichtet. a) Wie groß ist die am Gas verrichtete Volumenarbeit je Kilogramm komprimierter Luft, wenn die Kompression isotherm erfolgen soll? b) Welche Wärme Q je Kilogramm Luft wird dabei an das Kühlwasser abgegeben? [Gln. (16.20), (17.7), (17.18)]

7.1.14** (364) (Bild) Vom gleichen Anfangszustand 1 mit $p_1 = 1 \text{ bar}$, $V_1 = 1 \text{ dm}^3$ und $T_1 = 600 \text{ K}$ ausgehend expandiert ein Gas auf zwei verschiedenen Wegen zum gleichen Endzustand 2 mit $V_2 = 2V_1$ und $T_2 = T_1/2$. Der Weg 1–3–2 besteht aus einer Isotherme von 1 nach 3 und einer Isochore von 3 nach 2, der Weg 1–4–2 aus einer Isochore von 1 nach 4 und einer Isotherme von 4 nach 2. Wie groß sind auf beiden Wegen jeweils die verrichtete Arbeit W , die Änderung der inneren Energie des Gases ΔU und die ausgetauschte Wärme Q ? $\kappa = 1 + (R_s/c_V) = 1,4$. [Gln. (16.20), (17.13), (17.18), (17.7)]



7.2.7** (373) (Bild) Ein ideales Gas durchläuft zwischen zwei Wärmespeichern der Temperaturen $\vartheta_1 = 600^\circ\text{C}$ und $\vartheta_2 = 20^\circ\text{C}$ folgenden Kreisprozess: 1–2 isotherme Expansion vom Volumen $V_1 = 0,5 \text{ l}$ auf $V_2 = 3 \text{ l}$, 2–3 isochore Abkühlung, 3–4 isotherme Kompression wieder auf V_1 und 4–1 isochore Erwärmung (Heißluftmotor). a) Man berechne die zu- und abgeführte Wärme sowie die Kreisprozessarbeit für eine Gasmasse von $m = 3,6 \text{ g}$ (spezifische Gaskonstante $R_s = 288,2 \text{ J/(kg K)}$, $\kappa = c_p/c_V = 1,4$)! Wie groß ist der thermische Wirkungsgrad? b) Man vergleiche den erhaltenen Wirkungsgrad mit dem eines CARNOT-Prozesses zwischen denselben Temperaturen! Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus dem Vergleich ziehen? [Gln. (16.20), (17.7), (17.18)]



*Die Aufgaben sind entnommen aus: H. STROPPE u. a.: *PHYSIK – Beispiele und Aufgaben*, 2. Aufl., Hanser München, 2020. In runden Klammern stehen die Aufgabennummern aus vorherigen Auflagen; in eckigen die zur Lösung benötigten Formeln aus der Formelsammlung. Die Anzahl der Sterne gibt den Schwierigkeitsgrad an: * leicht, ** mittel, *** schwer.

Kürprogramm

6.3.9* (334) Eine Stahlflasche von 10 l enthält 40 g Wasserstoff (Molmasse $M = 2 \text{ g/mol}$). Bei welcher Temperatur erreicht der Überdruck 5 MPa, wenn der äußere Luftdruck zu 1 bar angenommen wird? [Gln. (16.20), (16.a)]

6.3.11** (336) Zur Kompression von Stickstoff (Molmasse $M = 28 \text{ g/mol}$, $\kappa = 1,4$) wird eine Kolbenpumpe verwendet, die bei jedem Hub $V_1 = 500 \text{ cm}^3$ Gas auf den zehnten Teil des Volumens verdichtet. a) Wie viel Gramm Stickstoff werden je Hub komprimiert, wenn die Anfangswerte von Druck und Temperatur $p_1 = 1 \text{ bar}$ und $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$ betragen? b) Unter welchem Druck steht das Gas nach einer isothermen Kompression? c) Welcher Druck und welche Temperatur werden erreicht, wenn die Kompression adiabatisch verläuft? [Gln. (16.20), (16.a), (16.b)]

6.4.5** (343) Ein Kalorimeter ist mit $m_k = 0,5 \text{ kg}$ kaltem Wasser der Temperatur $\vartheta_k = 10^\circ\text{C}$ gefüllt. Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $c_w = 4,19 \text{ kJ/(kg K)}$. a) Zur Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters (einschließlich Deckel, Rührwerk und Thermometer) werden $m_w = 0,5 \text{ kg}$ warmes Wasser von $\vartheta_w = 80^\circ\text{C}$ hinzugegeben; es wird eine Mischungstemperatur von $\vartheta_M = 42^\circ\text{C}$ ermittelt. Wie groß ist die Wärmekapazität C_K des Kalorimeters? b) Anschließend wird ein Festkörper der Masse $m_F = 0,3 \text{ kg}$ einem Wasserbad von $\vartheta_w = 80^\circ\text{C}$ entnommen und in das mit $m_k = 0,5 \text{ kg}$ Wasser von $\vartheta_k = 10^\circ\text{C}$ gefüllte Kalorimeter gebracht. Wie groß ist die spezifische Wärmekapazität des Festkörpers, wenn eine Mischungstemperatur von $\vartheta_M = 16,8^\circ\text{C}$ ermittelt wird? [Gln. (17.1), (17.5)]

6.4.9* (347) Eine bestimmte Menge Wasser ($m_1 = 20 \text{ kg}$) der Temperatur $\vartheta_1 = 80^\circ\text{C}$ soll mit Leitungswasser der Temperatur $\vartheta_2 = 10^\circ\text{C}$ in einer Zinkwanne ($m_3 = 100 \text{ kg}$) der Temperatur $\vartheta_3 = 20^\circ\text{C}$ gemischt werden, so dass sich eine Temperatur von $\vartheta_M = 35^\circ\text{C}$ einstellt. a) Wie groß muss der Anteil des kalten Wassers (m_2) sein? b) Welches Mischungsverhältnis von warmem zu kaltem Wasser ergibt sich, wenn die Wärmekapazität der Zinkwanne vernachlässigt wird? Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt $c_w = 4,19 \text{ kJ/(kg K)}$, von Zink $c_{Zn} = 0,385 \text{ kJ/(kg K)}$. [Gln. (17.1), (17.5)]

7.1.10** (360) Luft vom Volumen $V_1 = 1 \text{ m}^3$ und der Temperatur $T_1 = 300 \text{ K}$ soll bei konstantem Druck von $p = 1 \text{ bar}$ auf $T_2 = 1000 \text{ K}$ erwärmt werden. Man berechne a) das Endvolumen V_2 , b) die verrichtete Ausdehnungsarbeit W_{12} , c) die zuzuführende Wärme Q_{12} und d) die Änderung der inneren Energie des Gases ΔU_{12} ! $\kappa = c_p/c_V = 1,4$. [Gln. (16.20), (17.17), (17.7)]

7.1.16** (366) Bei einem Experiment zur Bestimmung des Adiabatenexponenten κ (nach CLÉMENT-DESORMES) wird ein Behälter ($V_1 = 0,1 \text{ m}^3$) mit Gas von der Umgebungstemperatur T_1 und $\Delta p_1 = 1 \text{ kPa}$ Überdruck kurzzeitig geöffnet, sodass ein adiabatisch verlaufender Druckausgleich mit der Umgebung (Umgebungsdruck $p_0 = 100 \text{ kPa}$) erfolgt. Anschließend erwärmt sich das Gas isochor wieder auf die Umgebungstemperatur T_1 , wobei sich ein Überdruck von $\Delta p_2 = 0,23 \text{ kPa}$ einstellt. Man stelle den Vorgang im p, V -Diagramm dar! a) Wie groß ist der Adiabatenexponent κ des Gases? b) Welche Wärme nimmt das Gas aus der Umgebung auf? [Gln. (16.20), (17.20)]

7.2.8** (374) (Bild) Bei einem nach dem DIESEL-Prozess arbeitenden Verbrennungsmotor wird heiße Luft (Adiabatenexponent $\kappa = 1,4$) von 1 nach 2 adiabatisch so hoch verdichtet, dass der eingespritzte Kraftstoff durch Selbstentzündung von 2 nach 3 isobar verbrennt. Der Austausch der verbrannten Gase durch Frischluft nach der adiabatischen Expansion von 3 nach 4 wird als isochore Wärmeabgabe von 4 nach 1 angenähert. Man berechne den thermischen Wirkungsgrad des Motors, wenn das Einspritzverhältnis $V_3/V_2 = 2$ und das Verdichtungsverhältnis $V_1/V_2 = 10$ beträgt! [Gln. (16.20), (17.b), (17.17)]

