

2.0. Aufgaben zu den Grundlagen der Thermodynamik

Aufgabe 1: Diffusion

- Was ist Diffusion?
- Nenne drei Situationen aus dem Alltag, bei denen Diffusion zu beobachten ist.
- Wie lässt sich die Diffusion erklären?

Aufgabe 2: Teilchenmodell

Erkläre die folgenden Begriffe

Atom, Element, Ordnungszahl, Massenzahl, Mol, Molekül, Verbindung und Ion.

Aufgabe 3: Angabe von Stoffmengen in Mol

Wie viel g wiegen die folgenden Stoffmengen?

- | | |
|---|--|
| a) 1 Mol Aluminium Al | d) 1 Mol Natriumchlorid NaCl |
| b) 1 Mol Propan C ₃ H ₈ | e) 2 Mol Kohlensäure H ₂ CO ₃ |
| c) 1 Mol Schwefelsäure H ₂ SO ₄ | f) 0,3 Mol Dialuminiumtrioxid Al ₂ O ₃ |

Aufgabe 4: Angabe von Stoffmengen in Mol

Wie viel Mol Formeleinheiten enthalten die folgenden Stoffmengen?

- | | |
|---|---|
| a) 20 g Natrium Na | d) 100 g Tetrachlorkohlenstoff CCl ₄ |
| b) 20 g Wasser H ₂ O | e) 50 g Salpetersäure HNO ₃ |
| c) 20 g Dischwefelkohlenstoff CS ₂ | f) 120 g Phosphorsäure H ₃ PO ₄ |

Aufgabe 5: Dichte

- Was ist die Dichte und wie bestimmt man sie?
- Nenne die Dichte von Luft, Wasser und Eisen
- Welche Masse hat jeweils ein Kubikmeter der drei Stoffe aus b)?
- Welches Volumen hat jeweils ein Kilogramm der drei Stoffe aus b)?
- Wie schwer ist ein Eisenstab mit quadratischem Querschnitt, der 1 cm dick und 1 m lang ist? ($\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$)
- Berechne die Dichte von Kohlenstoffdioxid CO₂, Chlorgas Cl₂ und Ethan C₂H₆ bei Normalbedingungen.

Aufgabe 6: Aggregatzustände

- Benenne die drei Aggregatzustände und ihre sechs Übergänge.
- Nenne jeweils eine Alltagssituation, in der ein Stoff schmilzt, verdampft, erstarrt oder kondensiert.
- Nenne einen Stoff, der beim Erwärmen sublimiert.
- Nenne die Schmelzpunkte von Wasser, Kochsalz und Eisen
- Nenne die Siedepunkte von Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid, Wasser und Alkohol.
- Beschreibe und vergleiche den Schmelzvorgang und den Verdampfungsvorgang anhand des Teilchenmodells
- Beschreibe den Vorgang des Kondensierens mit dem Teilchenmodell
- Was ist der Unterschied zwischen verdunsten und verdampfen?
- Beschreibe und erkläre die folgende Tabelle mit Hilfe des Teilchenmodells. Warum ist die Garzeit für Kartoffeln in Bolivien viel länger als bei uns?

| Höhe in m über NN | Luftdruck in mbar | Siedepunkt von Wasser in °C |
|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1000 (Engelberg) | 900 | 98 |
| 4000 (La Paz) | 600 | 86 |
| 8000 (Mt Everest) | 400 | 78 |

Aufgabe 7: Absolute und relative Temperatur

- Im Raum herrscht eine Temperatur von 25°C. Wie viel Kelvin sind das?
- Gib die Schmelztemperatur und die Siedetemperatur von Wasser in Kelvin an.
- Helium schmilzt bei 1 K und siedet bei 4 K. Gib diese Temperaturen in °C an.
- Sauerstoff schmilzt bei 54 K und siedet bei 90 K. Gib diese Temperaturen in °C an.

Aufgabe 8: Wärmekapazität

- Erkläre am Beispiel Wasser die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes und wie man sie bestimmt.
- Wie viel Joule benötigt man, um eine Tasse Wasser ($V = 0,2 \text{ Liter}$, $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, $c = 4,19 \text{ J/K}\cdot\text{g}$) von 20°C auf 100°C zu erwärmen?
- Um wie viel Grad steigt die Temperatur eines Aquariums mit 500 Litern Inhalt, wenn 1 kWh = 360 kJ an elektrischer Energie zum Heizen aufgewendet wurden?
- Um wie viel Grad steigt die Temperatur von Mineralwasser ($V = 0,7 \text{ Liter}$, $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, $c = 4,19 \text{ J/K}\cdot\text{g}$) in einer Flasche, die durch das Stehen an der Sonne eine Energie von 100 kJ aufgenommen hat?

- e) Ein 50 kg schwerer Junge besteht zu 60 % aus Wasser ($c = 4,19 \text{ J/K}\cdot\text{g}$) Wie viel Energie benötigt er, um seine Körpertemperatur um bei einer fiebrigen Grippe von $36,8^\circ\text{C}$ auf $38,3^\circ\text{C}$ zu erhöhen? Wie viel g Kartoffeln (Brennwert 3 kJ pro g) oder wie viel g Schokolade (23 kJ pro g) müsste er essen, um diesen Energieverlust wieder auszugleichen?
- f) Ein ausgekühlter Wanderer sitzt in einer Berghütte. In der Berghütte befinden sich noch 100 m^3 kalte Luft ($\vartheta = 10^\circ\text{C}$, $\rho = 1 \text{ g/dm}^3$, $c = 1 \text{ J/g}\cdot\text{K}$) und ein Propangaskocher mit 200 g Propan (Brennwert $32,5 \text{ kJ pro g}$). Um wie viel Grad erwärmt sich (theoretisch!) die Luft in der Hütte, wenn er den Propangaskocher als Heizung verwendet?
- g) Vor der Hütte des Wanderers aus f) steht ein Fass, das mit 10°C kaltem Regenwasser gefüllt ist ($c = 4,19 \text{ J/g}\cdot\text{K}$). Wie viel Liter Regenwasser kann er mit dem Propangaskocher auf 90°C erwärmen und als Teewasser verwenden? Welche Methode ist sinnvoller, um wieder warm zu werden?

Aufgabe 9: Kalorimeter

- a) Wie groß ist die Wärmekapazität eines Kalorimeters, dessen Temperatur mit einem Tauchsieder bei 220 V und 1 A in 1 Minute um 12°C erhöht wird?
- b) Der Tauchsieder in dem Kalorimeter aus a) wird durch ein Reagenzglas mit einer Zink-Schwefel-Mischung ersetzt, welche mit einem glühenden Nagel gezündet wird. Wie groß ist die Reaktionswärme, wenn die Temperatur von 20°C auf $24,5^\circ\text{C}$ ansteigt?

Aufgabe 10: Druck und Volumen idealer Gase

- a) In welchen Einheiten misst man den Druck?
- b) Wie kommt der Druck eines Gases oder einer Flüssigkeit auf die Gefäßwand zustande?
- c) Welches Volumen hat ein Mol Kohlenstoffdioxid CO_2 bei Normalbedingungen?
- d) Welches Volumen hat ein Mol Sauerstoff O_2 bei Normalbedingungen?
- e) Welches Volumen hat ein Mol Helium He bei Normalbedingungen?
- f) Welches Volumen hat ein Mol Luft bei Normalbedingungen?

Aufgabe 11: Ideale Gase

- a) Wie viel Kelvin sind 35°C ? Wie viel $^\circ\text{C}$ sind 298 K ?
- b) Wie viele Teilchen enthält ein Kolben mit 3 Litern Luft bei 25°C und 1 bar ?
- c) An den Kolben aus b) wird eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen, die einen Unterdruck von $0,1 \text{ bar}$ erzeugen kann. Wie viele Teilchen bleiben im Kolben zurück?
- d) Der evakuierte Kolben aus c) wird im Wasserbad auf 100°C erwärmt. Wie groß wird dann der Druck im Kolben?
- e) Die Wasserstrahlpumpe wird noch mal an den 100°C heißen Kolben aus d) angeschlossen. Wie viele Teilchen bleiben noch im Kolben?
- f) Der Kolben wird auf 0°C abgekühlt. Wie groß ist der Druck jetzt?

Aufgabe 12: ideale Gase

- a) Die Luft in einem 8 m langen, 6 m breiten und 3 m hohen Klassenzimmer wird nach den Weihnachtsferien von 10°C auf 20°C erwärmt. Wie viel Liter Luft müssen dann entweichen, wenn der Druck unverändert bleiben soll?
- b) Auf wie viel bar erhöht sich der Druck in einem 10 Liter großen mit Benzindämpfen gefüllten und gasdicht verschlossenen Benzinkanister, wenn er durch Stehenlassen in der Sonne von 20°C auf 80°C erwärmt wird?
- c) Wie viel Prozent des Dampfes entweichen aus dem Kanister aus b), wenn man den Deckel löst?
- d) Um wie viel Grad muss man einen 10°C warmen Benzinkanister erwärmen, damit sich der Gasdruck verdoppelt?
- e) Wie viel Mol und wie viel g Sauerstoff O_2 passen in eine 20 Liter große Druckflasche, wenn man sie bei 15°C mit 100 bar befüllt?
- f) Ein Heliumballon hat beim Start bei 20°C und 1 bar ein Volumen von 5 Litern . Wie groß ist er in 3000 m Höhe, wo sich die Temperatur auf -10°C und der Druck auf $0,96 \text{ bar}$ vermindert haben?

Aufgabe 13: ideale Gase

- a) Wie groß ist das Volumen von 400 g Sauerstoff O_2 bei 40°C und $2,5 \text{ bar}$?
- b) Wie viele Gasmoleküle enthält ein 5 Liter großer Glaskolben, der bei 0°C auf 10^{-4} Pa evakuiert wurde?
- c) Welchen Druck muss man einstellen, damit Stickstoff N_2 bei 180°C eine Dichte von $\rho = 250 \text{ g/m}^3$ erreicht?

Aufgabe 14: Energieformen

- a) Nenne fünf verschieden Energieformen
- b) Nenne zwei Vorgänge, bei denen Wärmeenergie in mechanische Energie umgewandelt wird und umgekehrt.
- c) Nenne zwei Vorgänge, bei denen chemische Energie in mechanische Energie umgewandelt wird und umgekehrt.
- d) Nenne die Formen, in denen ein Mensch Energie mit der Umgebung austauscht.
- e) Welche Energieformen sind beim Entzünden eines Feuerzeugs beteiligt?
- f) Eine Zündkerze besteht im Wesentlichen aus zwei dicht beieinander liegenden Elektroden, die in den Zylinder ragen. Durch Drehen des Zündschlüssels wird die Spannung der Autobatterie auf die Zündkerze übertragen. Dabei entsteht ein Funken zwischen den beiden Elektroden, der die Benzin-Luft-Mischung im Kolben entzündet. Die Mischung explodiert und drückt dabei den Kolben nach unten. Der Kolben versetzt über einen Pleuel (=drehbarer Hebel) die Motorwelle in Bewegung. Welche Energieformen sind an diesen Vorgängen beteiligt?

2.0. Lösungen zu den Aufgaben zu den Grundlagen der Thermodynamik

Aufgabe 1: Diffusion

- siehe Theorie
- Ausbreitung von Essensgeruch in der Wohnung, von Salz in der Suppe oder von Milch im Spülwasser.
- siehe Theorie

Aufgabe 2: Teilchenmodell

siehe Theorie

Aufgabe 3: Angabe von Stoffmengen in Mol

- 1 Mol $^{27}\text{Al} = 27 \text{ g}$
- 1 Mol $^{12}\text{C}_3\text{H}_8 = 3 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 44 \text{ g}$
- 1 Mol $^1\text{H}_2\text{S}^{32}\text{S}^{16}\text{O}_4 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g}$
- 1 Mol $^{23}\text{Na}^{35,5}\text{Cl} = 1 \cdot 23 + 1 \cdot 35,5 = 58,5 \text{ g}$
- 1 Mol $^1\text{H}_2\text{C}^{12}\text{C}^{16}\text{O}_3 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 12 + 3 \cdot 16 = 62 \text{ g}$
- 0,2 Mol $^{27}\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2 \cdot (2 \cdot 27 + 3 \cdot 16) = 20,4 \text{ g}$

Aufgabe 4: Angabe von Stoffmengen in Mol

- $20 \text{ g } ^{23}\text{Na} = \frac{20 \text{ g}}{23 \text{ g/Mol}} = 0,87 \text{ Mol}$
- $20 \text{ g } ^1\text{H}_2\text{O} = \frac{20 \text{ g}}{18 \text{ g/Mol}} = 1,11 \text{ Mol}$
- $20 \text{ g } ^{12}\text{C}^{32}\text{S}_2 = \frac{20 \text{ g}}{76 \text{ g/Mol}} = 0,26 \text{ Mol}$
- $100 \text{ g } ^{12}\text{C}^{32}\text{Cl}_4 = \frac{100 \text{ g}}{140 \text{ g/Mol}} = 0,65 \text{ Mol}$
- $50 \text{ g } ^1\text{H}^{14}\text{N}^{16}\text{O}_3 = \frac{50 \text{ g}}{63 \text{ g/Mol}} = 0,79 \text{ Mol}$
- $120 \text{ g } ^1\text{H}_3\text{P}^{16}\text{O}_4 = \frac{120 \text{ g}}{98 \text{ g/Mol}} = 1,22 \text{ Mol}$

Aufgabe 5: Dichte

- siehe Theorie
- siehe Theorie
- Luft: 1,2 kg; Wasser: 1 t; Eisen: 7,87 t
- Luft: 833 Liter; Wasser: 1 kg; Eisen: 127 ml
- $m = \rho \cdot V = 7,87 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^3 = 787 \text{ g}$
- $\rho(\text{CO}_2) = \frac{m}{V} = \frac{44 \text{ g}}{22,4 \text{ l}} = 1,96 \text{ g/l}$, $\rho(\text{Cl}_2) = \frac{m}{V} = \frac{71 \text{ g}}{22,4 \text{ l}} = 3,12 \text{ g/l}$ und $\rho(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{m}{V} = \frac{30 \text{ g}}{22,4 \text{ l}} = 1,34 \text{ g/l}$

Aufgabe 6: Aggregatzustände

- siehe Theorie
- Schneesmelze, Eier kochen, Erstarren von Bratfett, Kondensation von Wasserdampf an kalten Fenstern
- Iod, Kohlenstoffdioxid
- siehe Theorie
- siehe Theorie
- siehe Theorie
- siehe Theorie
- siehe Theorie
- Der Luftdruck sinkt mit zunehmender Höhe, weil das Gewicht der Luftsäule über dem jeweiligen Ort kleiner wird. Mit sinkendem Luftdruck sinkt auch der Siedepunkt, weil die Behinderung der Teilchenbewegung der Wassermoleküle durch die Luftmoleküle abnimmt.

Aufgabe 7: Absolute und relative Temperatur

- $25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$
- $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$ und $100 \text{ }^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$
- $1 \text{ K} = -272,15 \text{ }^\circ\text{C}$ und $4 \text{ K} = -269,15 \text{ }^\circ\text{C}$
- $54 \text{ K} = -219,15 \text{ }^\circ\text{C}$ und $90 \text{ K} = -183,15 \text{ }^\circ\text{C}$

Aufgabe 8: Wärmekapazität

- siehe Theorie
- $Q = m \cdot c \cdot \Delta T \approx 67,2 \text{ kJ}$
- $\Delta T = Q/mc \approx 0,17 \text{ K}$
- $\Delta T = Q/mc \approx 34,1 \text{ K}$
- $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 30\,000 \text{ g} \cdot 4,19 \text{ J/g}\cdot\text{K} \cdot 1,5 \text{ K} \approx 189 \text{ kJ}$ entsprechen 63 g Kartoffeln oder 8,2 g Schokolade
- $\Delta T(\text{Luft}) = Q/mc = 7\,000\,000 \text{ J}/100\,000 \text{ g} \cdot 1 \text{ J/g}\cdot\text{K} = 70 \text{ K}$ (!). Leider wird sich die Sauna nur bei idealer Wärmedämmung realisieren lassen. In Wirklichkeit wird die Wärme durch Luftzug (Konvektion) schnell abgeführt.
- $m(\text{Wasser}) = Q/c \cdot \Delta T = 7\,000\,000 \text{ J}/4,19 \text{ J/g}\cdot\text{K} \cdot 70 \text{ K} \approx 23,8 \text{ kg}$ entsprechen 23,8 Liter Teewasser, die bei möglichst schneller Aufnahme (aber ohne sich die Zunge zu verbrennen) ihre Wärme direkt an den Körper abgeben, der wiederum durch Fett und Kleidung einigermaßen isoliert ist.

Aufgabe 9: Kalorimeter

- a) $C = \frac{U \cdot I \cdot \Delta t}{\Delta T} = 1,1 \text{ kJ/K}$
b) $Q = C \cdot \Delta T = 4,95 \text{ kJ}$

Aufgabe 10: Molvolumen idealer Gase

- a) In Pascal = N/m^2 oder bar = 100 000 Pascal
b) siehe Theorie
c) 1 Mol CO_2 hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.
d) 1 Mol O_2 hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.
e) 1 Mol He hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.
f) 1 Mol Luft hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.

Aufgabe 11: Ideale Gase

- a) $35^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$ und $298 \text{ K} = 25^\circ\text{C}$
b) $n = 3 \text{ l} / 22,4 \text{ l/mol} = 0,13 \text{ mol}$
c) Druckminderung um den Faktor 0,1 \Rightarrow Volumenzunahme des gesamten Gases um Faktor 10 \Rightarrow Rückgang der Teilchenzahl im Kolben auf $0,1 \cdot 0,13 \text{ mol} = 0,013 \text{ mol}$.
d) Temperaturerhöhung um den Faktor $373 \text{ K} / 298 \text{ K} = 1,25 \Rightarrow$ Druckerhöhung um den gleichen Faktor auf 0,125 bar.
e) Druckminderung um den Faktor 0,1 bar/0,125 bar = 0,8 \Rightarrow Volumenzunahme des gesamten Gases um Faktor 12,5 \Rightarrow Rückgang der Teilchenzahl im Kolben auf $0,8 \cdot 0,013 \text{ mol} = 0,0104 \text{ mol}$.
f) Abkühlung um den Faktor $373 \text{ K} / 273 \text{ K} = 0,73 \Rightarrow$ Druckminderung auf $0,73 \cdot 0,1 \text{ bar} = 0,073 \text{ bar}$.

Aufgabe 12: ideale Gase

- a) $V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \approx 149 \text{ m}^3 \Rightarrow$ es müssen $V_2 - V_1 \approx 5 \text{ m}^3$ entweichen.
b) $p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \approx 1,2 \text{ bar}$ (das Volumen wird nicht benötigt!)
c) $V_3 = V_2 \cdot \frac{p_2}{p_3} \approx 12 \text{ Liter} \Rightarrow 2 \text{ Liter bzw. } 20 \% \text{ entweichen. (das Volumen wird eigentlich wieder nicht benötigt!)}
d) $T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2}{p_1} = 566,3 \text{ K} = 293,15^\circ\text{C}$
e) $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \approx 83,3 \text{ Mol} = 2,67 \text{ kg O}_2$.
f) $V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2 \cdot p_1}{T_1 \cdot p_2} \approx 5,34 \text{ Liter}$.$

Aufgabe 13: ideale Gase

- a) $n = \frac{m}{M} = 12,5 \text{ Mol} \Rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} \approx 130 \text{ Liter}$.
b) $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \approx 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ Mol} = 1,32 \cdot 10^{14} = 132 \text{ Billionen Moleküle}$.
c) $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m \cdot p}{n \cdot R \cdot T} = \frac{M \cdot p}{R \cdot T}$ mit der Molmasse $M = \frac{m}{n} = 28 \text{ g/Mol} \Rightarrow p = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{M} \approx 0,33 \text{ bar}$.

Aufgabe 14: Energieformen

siehe Theorie