

## 1.9 Aufgaben zum Gasgesetz

### Aufgabe 1: Teilchenmodell

Erkläre die folgenden Begriffe

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

### Aufgabe 2: 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 <sub>3</sub> H <sub>8</sub>         | e) 2 Mol Kohlensäure H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>          |
| c) 1 Mol Schwefelsäure H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | f) 0,3 Mol Dialuminiumtrioxid Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |

### Aufgabe 3: Angabe von Stoffmengen in Mol

Wie viel Mol Formeleinheiten enthalten die folgenden Stoffmengen?

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

### Aufgabe 4: Aggregatzustände

- a) Benenne die drei Aggregatzustände und ihre sechs Übergänge.
- b) Nenne jeweils eine Alltagssituation, in der ein Stoff schmilzt, verdampft, erstarrt oder kondensiert.
- c) Nenne einen Stoff, der beim Erwärmen sublimiert.
- d) Nenne die Schmelzpunkte von Wasser, Kochsalz und Eisen
- e) Nenne die Siedepunkte von Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid, Wasser und Alkohol.
- f) Beschreibe und vergleiche den Schmelzvorgang und den Verdampfungsvorgang anhand des Teilchenmodells
- g) Beschreibe den Vorgang des Kondensierens mit dem Teilchenmodell
- h) Was ist der Unterschied zwischen verdunsten und verdampfen?
- i) 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 (Höchenschwand)	900	98
4000 (La Paz)	600	86
8000 (Mt Everest)	400	78

### Aufgabe 5: Absolute und relative Temperatur

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

### Aufgabe 6: Druck

Ergänze die Tabelle

Pa			3400				560 000	
bar		0,043		0,0056		2,3		
$\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$	0,73				8,5			65,2

### **Aufgabe 7: Druck**

- Wieviel bar Überdruck gegenüber der Umgebung herrschen in einer Flüssigkeit, die auf eine Kolbenfläche von  $A = 4 \text{ cm}^2$  eine Kraft von  $F = 35,6 \text{ N}$  ausübt?
- Welche Kraft wirkt auf eine Fläche mit dem Inhalt  $A = 3 \text{ cm}^2$ , wenn der Überdruck gegenüber der Umgebung  $p = 1,3 \text{ bar}$  beträgt?
- Welche Fläche hat ein Kolben, der bei einem Überdruck von  $p = 1,85 \text{ bar}$  mit einer Kraft von  $0,37 \text{ N}$  herausgedrückt wird?

### **Aufgabe 8: Atmosphärendruck**

Welche Kraft übt die Atmosphäre auf eine  $0,6 \text{ m}$  breite und  $1,4 \text{ m}$  lange Tischtennisplatte aus? Warum bricht der Tisch nicht zusammen?

### **Aufgabe 9: Druck**

Ein mit Öl gefüllter Behälter steht unter einem Überdruck von  $5 \text{ bar}$ .

- Welche Kraft wirkt auf einen Kolben mit einem Durchmesser von  $d_1 = 2 \text{ cm}$ ?
- Welche Kraft wirkt auf zweiten Kolben mit einem Durchmesser von  $d_2 = 4 \text{ cm}$ ?
- Um wie viel  $\text{cm}$  bewegt sich der große Kolben, wenn der kleine Kolben um  $10 \text{ cm}$  hineingedrückt wird und das Gesamtvolumen konstant bleibt?

### **Aufgabe 10: Druck**

Der  $1 \text{ m}$  breite zylindrische Presskolben einer hydraulischen Presse soll eine Kraft von  $800 \text{ kN}$  ausüben. Der Druckkolben hat einen Durchmesser von  $5 \text{ cm}$ . Welchen Überdruck muss das Öl in der Presse haben und mit welcher Kraft muss der Druckkolben betätigt werden?

### **Aufgabe 11: Druck**

Wie groß muss der Kolben sein, mit dem man ein  $1 \text{ t}$  schweres Auto mit Hilfe der Trinkwasserversorgung heben kann, wenn diese einen Überdruck von  $3,5 \text{ bar}$  besitzt?

### **Aufgabe 12: Hydrostatischer und Atmosphärendruck**

Welche Kraft wirkt in  $50 \text{ m}$  Tiefe eines Sees auf die  $1 \text{ dm}^2$  große Scheibe einer Taucherbrille, wenn in der Taucherbrille

- Vakuum
- Atmosphärendruck herrscht? Was kann der Taucher tun, damit die Brille nicht in den Schädel gepresst wird?

### **Aufgabe 13: Hydrostatischer und Atmosphärendruck**

Ein Auto mit geschlossenen Fenstern versinkt  $8 \text{ m}$  tief in einem See. Die Fahrzeugtüren haben eine Fläche von  $1,2 \text{ m}^2$ .

- Wie groß ist die von außen auf die Tür wirkende Kraft?
- Wie groß ist die von innen durch den Atmosphärendruck auf die Tür wirkende Kraft?
- Was muss der eingeschlossene Fahrer tun, um die Tür öffnen zu können?

### **Aufgabe 14: Hydrostatischer und Atmosphärendruck**

Ein  $100 \text{ cm}$  hohes und  $70 \text{ cm}$  breites Fenster gewährt Einblick in ein Aquarium, dessen Wasserspiegel  $45 \text{ cm}$  über dem oberen Fensterrand liegt. Welche resultierende Kraft muss die Glasscheibe aushalten?

### **Aufgabe 15: Druck und Volumen**

- Wie kommt der Druck eines Gases oder einer Flüssigkeit auf die Gefäßwand zustande?
- Welches Volumen hat ein Mol Kohlenstoffdioxid  $\text{CO}_2$  bei Normalbedingungen?
- Welches Volumen hat ein Mol Sauerstoff  $\text{O}_2$  bei Normalbedingungen?
- Welches Volumen hat ein Mol Helium  $\text{He}$  bei Normalbedingungen?
- Welches Volumen hat ein Mol Luft bei Normalbedingungen?

**Aufgabe 16: Gasgesetz**

Ein Mol Luft hat bei 300 K und 1 bar ein Volumen von 24 Litern. Welches Volumen nimmt die Luft ein, wenn man.

- a) den Druck bei gleichbleibender Temperatur auf 3 bar erhöht?
- b) den Druck bei konstanter Temperatur auf 0,5 bar vermindert?
- c) die Temperatur bei konstantem Druck auf 400 K erhöht?
- d) die Temperatur bei konstantem Druck auf 77°C erhöht?
- e) die Temperatur bei konstantem Druck auf -23°C vermindert?
- f) Die Stoffmenge bei konstantem Temperatur und gleichem Druck verdoppelt?

**Aufgabe 17: Gasgesetz**

Welchen Druck erhält man, wenn man einen Liter Luft bei ursprünglich 300 K und 1 bar

- a) bei konstanter Temperatur auf 100 ml komprimiert?
- b) bei konstantem Volumen auf 323 °C erhitzt?
- c) bei konstanter Temperatur auf 2 Liter expandiert?
- d) bei konstantem Volumen auf -33 °C abkühlt?

**Aufgabe 18: Gasgesetz**

Berechne jeweils die fehlende Größe. Rechne die gegebenen Größen zunächst in m<sup>3</sup>, K und Pa um!

Druck p in bar	Volumen V in Litern	Stoffmenge n in Mol	Temperatur in °C
1		5	25
10	5		0
0,1	100	2	
	0,1	0,1	-50

## 1.9 Lösungen zu den Aufgaben zum Gasgesetz

### Aufgabe 1: Teilchenmodell

- Ein Atom ist ein kleinstes unteilbares Teilchen
- Ein Element ist ein Stoff, der nur aus einer Atomsorte besteht
- Die Ordnungszahl zeigt die Position eines Elementes bzw. einer Atomsorte im Periodensystem an.
- Die Massenzahl gibt die Masse von ein Mol Atomen in g an
- Ein Mol sind 602,3 Trilliarden
- Ein Molekül besteht aus mehreren Atomen
- Eine Verbindung ist ein Stoff, der aus verschiedenen Atomsorten besteht
- Ein Ion ist ein elektrisch geladenes Teilchen

### Aufgabe 2: Angabe von Stoffmengen in Mol

- 1 Mol  $^{27}\text{Al} = 27 \text{ g}$
- 1 Mol  $^{12}\text{C}_3^{1}\text{H}_8 = 3 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 44 \text{ g}$
- 1 Mol  $^1\text{H}_2^{32}\text{S}^{16}\text{O}_4 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g}$
- 1 Mol  $^{23}\text{Na}^{35,5}\text{Cl} = 1 \cdot 23 + 1 \cdot 35,5 = 58,5 \text{ g}$
- 2 Mol  $^1\text{H}_2^{12}\text{C}^{16}\text{O}_3 = 2 \cdot (2 \cdot 1 + 1 \cdot 12 + 3 \cdot 16) \text{ g} = 124 \text{ g}$
- 0,3 Mol  $^{27}\text{Al}_2^{16}\text{O}_3 = 0,3 \cdot (2 \cdot 27 + 3 \cdot 16) = 30,6 \text{ g}$

### Aufgabe 3: Angabe von Stoffmengen in Mol

- $20 \text{ g } ^{23}\text{Na} = \frac{20 \text{ g}}{23 \text{ g/Mol}} = 0,87 \text{ Mol}$
- $20 \text{ g } ^1\text{H}_2^{16}\text{O} = \frac{20 \text{ g}}{18 \text{ g/Mol}} = 1,11 \text{ Mol}$
- $20 \text{ g } ^{12}\text{C}^{32}\text{S}_2 = \frac{20 \text{ g}}{76 \text{ g/Mol}} = 0,26 \text{ Mol}$
- $100 \text{ g } ^{12}\text{C}^{32}\text{Cl}_4 = \frac{100 \text{ g}}{140 \text{ g/Mol}} = 0,65 \text{ Mol}$
- $50 \text{ g } ^1\text{H}^{14}\text{N}^{16}\text{O}_3 = \frac{50 \text{ g}}{63 \text{ g/Mol}} = 0,79 \text{ Mol}$
- $120 \text{ g } ^1\text{H}_3^{31}\text{P}^{16}\text{O}_4 = \frac{120 \text{ g}}{98 \text{ g/Mol}} = 1,22 \text{ Mol}$

### Aufgabe 4: Aggregatzustände

- siehe Skript
- Schneesmelze, Eier kochen, Erstarren von Bratfett, Kondensation von Wasserdampf an kalten Fenstern
- Iod, Kohlenstoffdioxid
- siehe Skript
- 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 5: 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 6: Druck

Pa	7300	4300	3400	560	85 000	230 000	560 000	652 000
bar	0,073	0,043	0,034	0,0056	0,85	2,3	5,6	6,52
$\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$	0,73	0,43	0,34	0,056	8,5	23	56	65,2

### Aufgabe 7: Druck

a)  $p = 8,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,98 \text{ bar}$

b)  $F = p \cdot A = 13 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot 4 \text{ cm}^2 = 52 \text{ N}$

c)  $A = \frac{F}{p} = 0,37 \text{ N} : 18,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,02 \text{ cm}^2 = 2 \text{ mm}^2.$

### Aufgabe 8: Atmosphärendruck

$A = 6,24 \text{ m}^2 \Rightarrow F = p \cdot A = 624 000 \text{ N}$  entspricht 62,4 Tonnen. Glücklicherweise wirkt von unten (nahezu) die gleiche Kraft dagegen!

### Aufgabe 9: Druck

a)  $A_1 = \pi r_1^2 = \pi \text{ cm}^2 \approx 3,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_1 = p \cdot A_1 = 50\pi \text{ N} \approx 157,1 \text{ N}$

b)  $A_2 = \pi r_2^2 = 4\pi \text{ cm}^2 \approx 12,57 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_2 = p \cdot A_2 = 200\pi \text{ N} \approx 628,2 \text{ N}$

c) Volumenbilanz:  $0 = \Delta V_1 + \Delta V_2 = A_1 \cdot \Delta s_1 + A_2 \cdot \Delta s_2 = A_1 \cdot (-10 \text{ cm}) + 4A_1 \cdot \Delta s_2 \Rightarrow \Delta s_2 = +2,5 \text{ cm}$ : Die viermal so große Fläche bewegt sich nur ein Viertel des Weges.

### Aufgabe 10: Druck

Überdruck  $p \approx 10,2 \text{ bar}$  und Kraft auf den Druckkolben  $F = 2 \text{ kN}$ .

### Aufgabe 11: Druck

Der Presskolben muss eine Fläche von mindestens  $A = \frac{m \cdot g}{p} = 2,8 \text{ dm}^2$  bzw. einen Durchmesser von 19 cm haben.

### Aufgabe 12: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

a) 5 bar  $\Rightarrow 5000 \text{ N}$  entspricht 500 kg b) 6 bar  $\Rightarrow 6000 \text{ N}$  entspricht 600 kg

Die Brille muss zum Druckausgleich mit Atemgas aus der Druckflasche gefüllt werden, welches ebenfalls unter Druck steht.

### Aufgabe 13: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

Von außen wirken Atmosphärendruck von 1 bar und hydrostatischer Druck von 0,8 bar mit zusammen 1,8 bar und bewirken auf die Fläche von  $1,2 \text{ m}^2$  eine Kraft von 196 kN entspricht 19,6 Tonnen. Von innen wirkt der Atmosphärendruck mit 120 kN dagegen. Die resultierende Kraft ist aber immer noch 76 kN entspricht 7,6 Tonnen. Der Fahrer muss die Fenster öffnen oder einschlagen, um schnell einen Druckausgleich herzustellen.

### Aufgabe 14: Druck

Der mittlere hydrostatische Überdruck in der Tiefe  $45 \text{ cm} + 35 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$  hat den Wert 0,08 bar und die resultierende Kraft auf die  $0,7 \text{ m}^2$  große Scheibe ist 5,6 kN.

### Aufgabe 15: Molvolumen idealer Gase

- a) siehe Skript
- b) 1 Mol  $\text{CO}_2$  hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.
- c) 1 Mol  $\text{O}_2$  hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.
- d) 1 Mol He hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.
- e) 1 Mol Luft hat bei Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 l.

### Aufgabe 16: Gasgesetz

- a) Antiproportionalität: Wenn der Druck um den Faktor 3 erhöht wird, vermindert sich das Volumen um den Faktor  $\frac{1}{3}$  auf  $\frac{1}{3} \cdot 24 \text{ Liter} = 8 \text{ Liter}$ .
- b) Antiproportionalität: Wenn der Druck um den Faktor  $\frac{1}{2}$  vermindert wird, erhöht sich das Volumen um den Faktor 2 auf  $2 \cdot 24 \text{ Liter} = 48 \text{ Liter}$ .
- c) Proportionalität: Wenn sich die die Temperatur um den Faktor  $\frac{400 \text{ K}}{300 \text{ K}} = \frac{4}{3}$  erhöht, wächst das Volumen um den gleichen Faktor auf  $\frac{4}{3} \cdot 24 \text{ Liter} = 32 \text{ Liter}$ .
- d) Proportionalität: Wenn sich die Temperatur um den Faktor  $\frac{350 \text{ K}}{300 \text{ K}} = \frac{7}{6}$  erhöht, wächst das Volumen im gleichen Verhältnis auf  $\frac{7}{6} \cdot 24 \text{ Liter} = 28 \text{ Liter}$
- e) Proportionalität: Wenn sich die Temperatur um den Faktor  $\frac{250 \text{ K}}{300 \text{ K}} = \frac{5}{6}$  vermindert, sinkt auch das Volumen um den gleichen Faktor auf  $\frac{5}{6} \cdot 24 \text{ Liter} = 20 \text{ Liter}$
- f) Proportionalität: Wenn sich die Stoffmenge um den Faktor  $\frac{2 \text{ Mol}}{1 \text{ Mol}} = \frac{2}{1}$  erhöht, verdoppelt sich das Volumen im gleichen Verhältnis auf  $2 \cdot 24 = 48 \text{ Liter}$ .

### Aufgabe 17: Gasgesetz

$p \cdot V = R \cdot n \cdot T \Leftrightarrow p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$ : Der Druck ist proportional zur Stoffmenge  $n$  sowie zur Temperatur  $T$  und antiproportional zum Volumen  $V$ .

- a) Antiproportionalität: Wenn das Volumen auf den zehnten Teil komprimiert, verzehnfacht sich der Druck auf 10 bar.
- b) Proportionalität: Wenn die Temperatur auf 600 K verdoppelt wird, verdoppelt sich auch der Druck auf 2 bar.
- c) Antiproportionalität: Wenn das Volumen verdoppelt wird, halbiert sich der Druck auf 0,5 bar.
- d) Proportionalität: Wenn die Temperatur um den Faktor  $\frac{240 \text{ K}}{300 \text{ K}} = \frac{4}{5}$  vermindert wird, sinkt der Druck um den gleichen Faktor auf  $\frac{4}{5} \cdot 1 \text{ bar}$

### Aufgabe 18: Gasgesetz

Druck $p$ in bar	Volumen $V$ in Litern	Stoffmenge $n$ in Mol	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$
1 bar = 100 000 Pa	$V = \frac{R \cdot n \cdot T}{p}$ $= 0,124 \text{ m}^3 = 124 \text{ Liter}$	5 Mol	$25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$
10 bar = 1 000 000 Pa	5 Liter = $0,005 \text{ m}^3$	$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = 2,2 \text{ Mol}$	$0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$
0,1 bar = 10 000 Pa	100 Liter = $0,1 \text{ m}^3$	2 Mol	$T = \frac{p \cdot V}{R \cdot n} = 6,0 \text{ K}$
$p = \frac{R \cdot n \cdot T}{V}$ $= 1853130 \text{ Pa} = 18,5 \text{ bar}$ .	0,1 Liter = $0,0001 \text{ m}^3$	0,1 Mol	$-50^{\circ}\text{C} = 223 \text{ K}$