

Aufgaben 4 Thermodynamik Druck, Thermische Ausdehnung, Ideales Gas

Lernziele

- das Phänomen des Drucks in einem Fluid kennen.
- die Definition der Grösse Druck kennen und verstehen.
- die gebräuchlichen Druckeinheiten und deren Zusammenhänge kennen.
- die grundlegenden Eigenschaften des Drucks in einer Flüssigkeit kennen.
- den Zusammenhang zwischen dem Druck in einer Flüssigkeit und der Eintauchtiefe kennen, verstehen und anwenden können.
- den Begriff Schweredruck kennen und verstehen.
- das hydraulische Prinzip in einer Flüssigkeit kennen, verstehen und anwenden können.
- die grundlegenden Eigenschaften des Drucks in einem Gas kennen.
- den Zusammenhang zwischen dem Luftdruck in der Erdatmosphäre und der Höhe über dem Meeresspiegel kennen und anwenden können.
- das Phänomen der thermischen Ausdehnung von Festkörpern und Flüssigkeiten kennen.
- die Beziehung zwischen einer Temperaturänderung und einer Längenänderung kennen und anwenden können.
- wissen und verstehen, was ein Längenausdehnungskoeffizient ist.
- die Beziehung zwischen einer Temperaturänderung und einer Volumenänderung kennen und anwenden können.
- wissen und verstehen, was ein Volumenausdehnungskoeffizient ist.
- den Zusammenhang zwischen dem Längenausdehnungskoeffizienten und dem Volumenausdehnungskoeffizienten kennen und verstehen.
- die Definition des idealen Gases kennen.
- die allgemeine Zustandsgleichung des idealen Gases kennen, verstehen und anwenden können.
- die Darstellung von Isothermen in einem Druck-Volumen-Diagramm eines idealen Gases kennen, verstehen und anwenden können.
- den Begriff Partialdruck kennen und verstehen.
- den Zusammenhang zwischen Partialdrücken und dem Gesamtdruck in einem Gasgemisch kennen, verstehen und anwenden können.

Aufgaben

Druck

- 4.1 Bestimmen Sie den Druck, den ein Mensch auf den Boden ausübt, wenn er in Ruhe und gleichmässig auf beiden Beinen steht.
- 4.2 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgende Aufgabe:
10.15 (Seite 191)
- 4.3 Bestimmen Sie, mit welcher zusätzlichen Eintauchtiefe der Druck in Wasser um 1 bar zunimmt.
- 4.4 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
10.14, 10.18 (Seite 191)

- 4.5 Der Luftdruck in einer (als isotherm angenommenen) Erdatmosphäre fällt exponentiell ab. Nimmt die Höhe um 5.5 km zu, sinkt der Luftdruck um die Hälfte.

Bestimmen Sie den Luftdruck - und zwar als prozentualen Anteil des Luftdruckes auf Meereshöhe - ...

- a) ... an der FHGR (Standort A) in Chur.
- b) ... auf dem Gipfel des Mount Everest.

Hinweis:

- Benützen Sie die barometrische Höhenformel in der Form $p = p(h) = p_0 e^{-\lambda h} = p_0 (e^{-\lambda})^h$

Thermische Ausdehnung

- 4.6 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
13.10, 13.11 (Seite 260)

- 4.7 Begründen Sie die Näherungsformel $\beta \approx 3\alpha$ für die Beziehung zwischen dem Längenausdehnungskoeffizient α und dem Volumenausdehnungskoeffizient β .

Hinweise:

- Betrachten Sie einen Würfel mit Längenausdehnungskoeffizient α und Volumenausdehnungskoeffizient β .
- Die **Volumen**ausdehnung des Würfels kann darin begründet werden, dass die Kanten des Würfels eine **Längen**ausdehnung erfahren.
- Bei kleinem Δl können Terme mit $(\Delta l)^2$ und $(\Delta l)^3$ näherungsweise vernachlässigt werden.

- 4.8 Der Benzintank eines Autos wurde aus Stahl mit einem Längenausdehnungskoeffizient von $1.1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ gefertigt und ist bei 10°C mit 60.0 l Benzin mit einem Volumenausdehnungskoeffizient von $9.0 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ randvoll gefüllt.

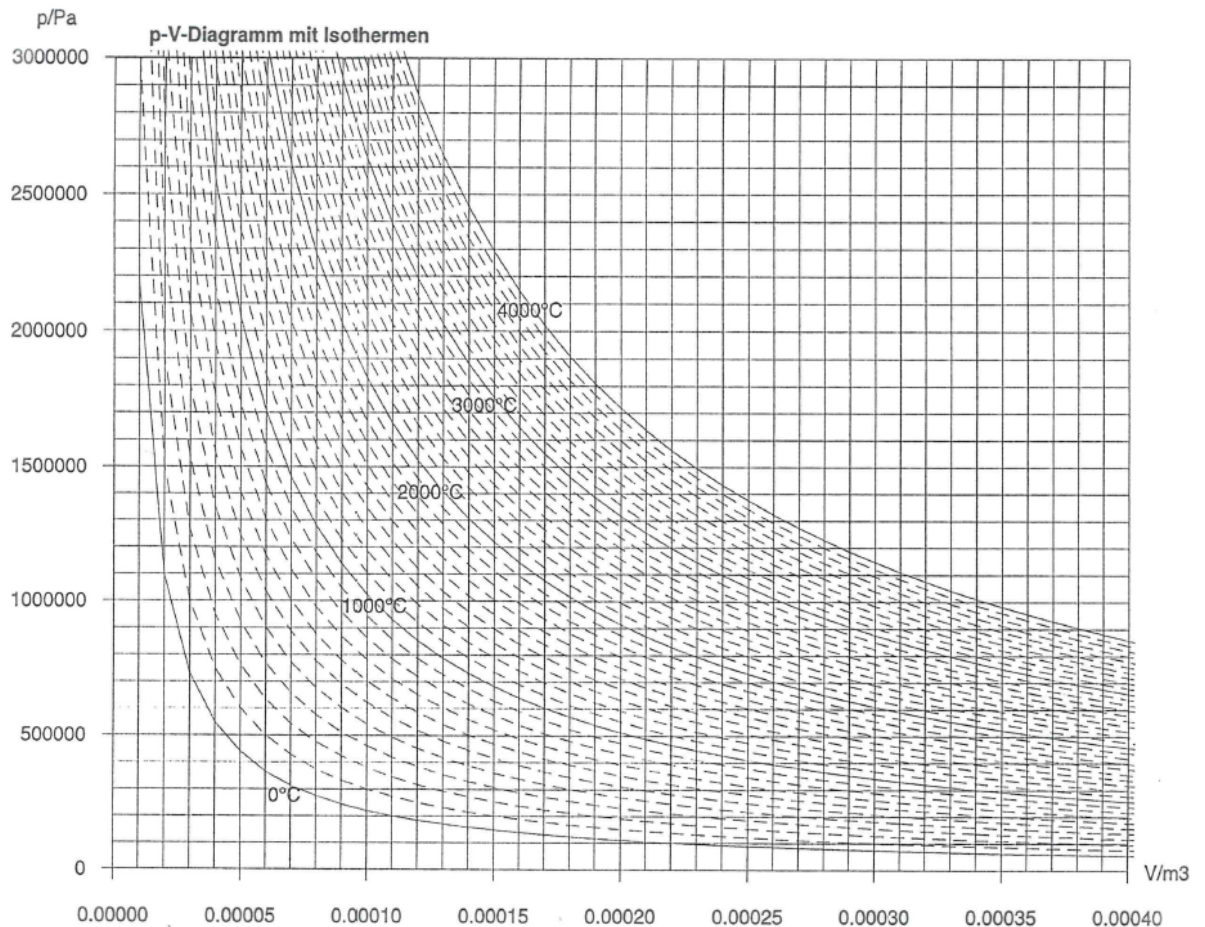
Bestimmen Sie, wieviel Benzin aus dem Tank ausläuft, wenn die Temperatur auf 25°C steigt.

Ideales Gas

- 4.9 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgende Aufgabe:
14.12 (Seite 264)

- 4.10 Gegeben ist das p-V-Diagramm eines idealen Gases (siehe nächste Seite).

- a) Zeichnen Sie den Zustand A ($p = 23 \text{ bar}$, $\vartheta = 1500^\circ \text{C}$) ein.
- b) Zeichnen Sie den Zustand B ein, der von A aus durch eine **isochore** (V konst.) Zustandsänderung unter einer Abkühlung auf $\vartheta = 500^\circ \text{C}$ erreicht wird.
- c) Zeichnen Sie den Zustand C ein, der von A aus durch eine **isotherme** (T konst.) Expansion auf $V = 300 \text{ cm}^3$ erreicht wird.
- d) Lesen Sie aus dem p-V-Diagramm das Volumen im Zustand A sowie den Druck in den Zuständen B und C heraus.
- e) Bestimmen Sie die Stoffmenge des betrachteten Gases.



- 4.11 Ein formstabiler Gasbehälter enthält Sauerstoff (Molmasse M) der Masse m_0 unter einem Druck p_0 und bei einer Temperatur T_0 . Wegen eines Lecks fällt der Druck auf das η -Fache seines ursprünglichen Wertes und die Temperatur auf T_E .
- Bestimmen Sie das Volumen des Behälters (allgemein algebraisch, d.h. ausgedrückt durch die als bekannt angenommenen Grössen M , m_0 , p_0 und T_0).
 - Bestimmen Sie die Masse des Sauerstoffes, welcher zwischen den beiden Beobachtungen entwich (allgemein algebraisch, d.h. ausgedrückt durch die als bekannt angenommenen Grössen M , m_0 , p_0 , V_0 (aus a)), T_E und η).
 - Berechnen Sie die algebraischen Ergebnisse auf den Teilaufgaben a) und b) für die Werte $M = 32$ g/mol, $m_0 = 1.0$ g, $p_0 = 1.0$ bar, $\vartheta_0 = 47$ °C, $\vartheta_E = 27$ °C und $\eta = 60\%$ numerisch.
- 4.12 Ein 20-l-Tank mit Sauerstoffgas hat einen Druck von 0.30 bar, und ein 30-l-Tank mit Stickstoffgas hat einen Druck von 0.60 bar. Beide Tanks haben eine Temperatur von 300 K.
- Nun wird der Sauerstoff in den 30-l-Tank gedrückt, der schon den Stickstoff enthält und in dem sich beide Gase nun mischen.
- Bestimmen Sie den Druck der Gasmischung bei der gleichen Temperatur 300 K.
- 4.13 Führen Sie in Moodle den [Test 4.1](#) durch.

Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil II Mechanik

10 Fluide

10.2 Druck in einem Fluid (Seiten 384 bis 391)

Teil IV Thermodynamik

13 Temperatur und der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik

13.3 Thermische Ausdehnung (Seiten 545 bis 550)

14 Die kinetische Gastheorie

14.1 Die Zustandsgleichung für das ideale Gas (Seiten 556 bis 561)

Bemerkungen zu 14.1

- Im Lehrbuch Tipler/Mosca wird die Stoffmenge mit \tilde{n} bezeichnet. Wir verwenden im Unterricht die gebräuchlichere Bezeichnung n .
- Im Lehrbuch Tipler/Mosca wird die Anzahl Teilchen mit n bezeichnet. Wir verwenden im Unterricht die gebräuchlichere Bezeichnung N .

Lösungen

4.1 ...

4.2 (siehe Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca)

4.3 $\Delta h = 10 \text{ m}$

4.4 (siehe Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca)

4.5 a) 93%

b) 33%

4.6 (siehe Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca)

4.7 ...

4.8 $\Delta V = \Delta V_{\text{Benzin}} - \Delta V_{\text{Tank}} = 0.78 \text{ l}$

4.9 (siehe Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca)

4.10 a) ...

b) ...

c) ...

d) $V_A \approx 62 \text{ cm}^3$, $p_B \approx 10 \text{ bar}$, $p_C \approx 4.7 \text{ bar}$

e) $n = 9.7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

4.11

| | | | | |
|----|-----------------------|----|-------------|---|
| a) | $p_o V_o = n_o R T_o$ | I | <u>Unb.</u> | <u>Bek.</u> |
| | $m_o = n_o \cdot M$ | II | V_o | $p_o = 1.0 \text{ bar}$ |
| | | | n_o | $R = 8.314 \text{ J / (mol} \cdot \text{K)}$ |
| | | | | $T_o = 320.15 \text{ K } (T_o = 47^\circ \text{C)}$ |
| | | | | $m_o = 1.0 \text{ g}$ |
| | | | | $M = 32 \text{ g / mol}$ |

$$\begin{aligned} \text{I: } V_o &= \frac{n_o R T_o}{p_o} \\ &= \frac{\frac{m_o}{M} R T_o}{p_o} \\ &= 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \rightarrow \text{c/} \end{aligned}$$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|-------------|------------|-----------------------|-------|------------------------|-------|----------------|-------|--|--|--|--|---------------------|--|-------------------------|
| <p>b)</p> $\Delta m = m_E - m_0$ $m_E = n_E M$ $p_E V_0 = n_E R T_E$ $p_E = \eta \cdot p_0$ | <table border="0"> <tr> <td style="text-align: right;"><u>Unb.</u></td> <td style="text-align: left;"><u>Beh.</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Δm</td> <td style="text-align: left;">$m_0 = 1.0 \text{ g}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">m_E</td> <td style="text-align: left;">$M = 32 \text{ g/mol}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">n_E</td> <td style="text-align: left;">V_0 (aus a))</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">p_E</td> <td style="text-align: left;">$R = 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: left;">$T_E = 300 \text{ K}$ ($t_E = 27^\circ\text{C}$)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: left;">$\eta = 60\% = 0.6$</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: left;">$p_0 = 1.0 \text{ bar}$</td> </tr> </table> | <u>Unb.</u> | <u>Beh.</u> | Δm | $m_0 = 1.0 \text{ g}$ | m_E | $M = 32 \text{ g/mol}$ | n_E | V_0 (aus a)) | p_E | $R = 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ | | $T_E = 300 \text{ K}$ ($t_E = 27^\circ\text{C}$) | | $\eta = 60\% = 0.6$ | | $p_0 = 1.0 \text{ bar}$ |
| <u>Unb.</u> | <u>Beh.</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Δm | $m_0 = 1.0 \text{ g}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| m_E | $M = 32 \text{ g/mol}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n_E | V_0 (aus a)) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p_E | $R = 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $T_E = 300 \text{ K}$ ($t_E = 27^\circ\text{C}$) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $\eta = 60\% = 0.6$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $p_0 = 1.0 \text{ bar}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |

I, I: $\Delta m = n_E M - m_0$

$$= \frac{p_E V_0}{R T_E} M - m_0$$

$$= \frac{\eta p_0 V_0}{R T_E} M - m_0 = -0.36 \text{ g} \rightarrow \text{c)}$$

4.12

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------|-------------|-----|------------------------------|------------|--------------------------|------------|-----|-----|---------------------|--|------------------------------|--|--------------------------|
| $p = p_{O_2}' + p_{N_2}'$ $p_{O_2}' V_{O_2} = n_{O_2}' R T$ $p_{O_2}' V = n_{O_2}' R T$ $p_{N_2}' = p_{N_2}$ $V = V_{N_2}$ | <table border="0"> <tr> <td style="text-align: right;"><u>Unb.</u></td> <td style="text-align: left;"><u>Bek.</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">p</td> <td style="text-align: left;">$p_{O_2} = 0.30 \text{ bar}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">p_{O_2}'</td> <td style="text-align: left;">$V_{O_2} = 20 \text{ l}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">p_{N_2}'</td> <td style="text-align: left;">R</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">V</td> <td style="text-align: left;">$T = 300 \text{ K}$</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: left;">$p_{N_2} = 0.60 \text{ bar}$</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: left;">$V_{N_2} = 30 \text{ l}$</td> </tr> </table> | <u>Unb.</u> | <u>Bek.</u> | p | $p_{O_2} = 0.30 \text{ bar}$ | p_{O_2}' | $V_{O_2} = 20 \text{ l}$ | p_{N_2}' | R | V | $T = 300 \text{ K}$ | | $p_{N_2} = 0.60 \text{ bar}$ | | $V_{N_2} = 30 \text{ l}$ |
| <u>Unb.</u> | <u>Bek.</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| p | $p_{O_2} = 0.30 \text{ bar}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| p_{O_2}' | $V_{O_2} = 20 \text{ l}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| p_{N_2}' | R | | | | | | | | | | | | | | |
| V | $T = 300 \text{ K}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| | $p_{N_2} = 0.60 \text{ bar}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| | $V_{N_2} = 30 \text{ l}$ | | | | | | | | | | | | | | |

$$p_{O_2}' V_{O_2} = p_{O_2}' V \quad | : V$$

$$p_{O_2}' = \frac{V_{O_2}}{V} p_{O_2}$$

$$= \frac{V_{O_2}}{V_{N_2}} p_{O_2}$$

$$p = \frac{V_{O_2}}{V_{N_2}} p_{O_2} + p_{N_2}$$

$$= \frac{20 \text{ l}}{30 \text{ l}} 0.30 \text{ bar} + 0.60 \text{ bar} = 0.80 \text{ bar}$$

4.13 -