Physik 8. Klasse (neuspr.)
Lösungen zu den Aufgaben

Richard Reindl

Die aktuellste Version der Aufgaben findet man unter
http://www.stbit.de

13. Juni 2015

0 Wiederholung

0.1 Die Geschwindigkeit

0.1.1. $v = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}80\cdot 10^3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}} = 0{,}00003\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{ms}} = 9{,}47\cdot 10^8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{a}} = 3{,}16\,\frac{\mathrm{Ls}}{\mathrm{a}}$

0.1.2. (a) $\Delta t = 320000\,\mathrm{s}$, $\quad \Delta x = 384000\mathrm{km}$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 1{,}20\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}} = 4320\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

(b) $x = vt = 4320\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\cdot 8766\,\mathrm{h} = 3{,}79\cdot 10^7\,\mathrm{km}$

(c) $t = \frac{x}{v} = \frac{6{,}75\cdot 10^9\,\mathrm{km}}{4320\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = 1{,}56\cdot 10^6\,\mathrm{h} = 6{,}51\cdot 10^4\,\mathrm{d} = 178\,\mathrm{a}$

0.1.3. (a) $v = 55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, $\quad \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{16500\,\mathrm{m}}{55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 300\,\mathrm{s} = 5{,}00\,\mathrm{min} \quad\Longrightarrow\quad$ um 14:18:00 Uhr

(b) $\Delta t = 10\,\mathrm{min}\,20\,\mathrm{s} = 620\,\mathrm{s} \quad\Longrightarrow\quad x = v\cdot\Delta t = 34{,}1\,\mathrm{km}$

(c)(d) Für die Zeichnung:
In 10 min legt das Auto

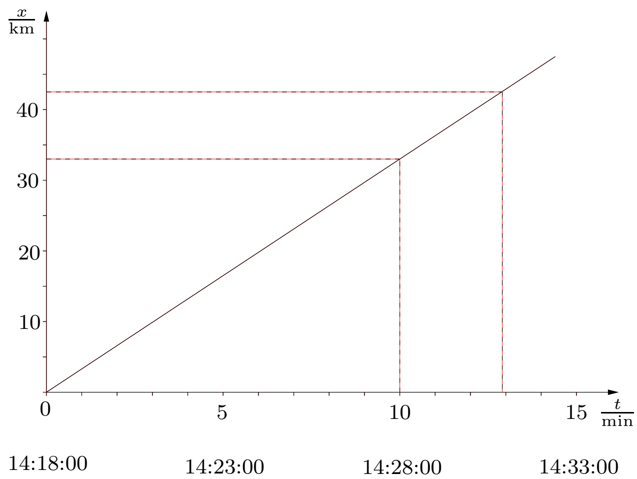
$$600\,\mathrm{s}\cdot 55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 3{,}3\,\mathrm{km}$$

zurück.

$$t = \frac{x}{v} = \frac{42500\,\mathrm{m}}{55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 773\,\mathrm{s}$$

$$t = 12\,\mathrm{min}\,53\,s$$

Er wird um 14:30:51 Uhr gestoppt.



(e) $\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0{,}5\,\mathrm{m}}{55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 0{,}00909\,\mathrm{s} = 9{,}09\,\mathrm{ms}$

$\Delta x_{\mathrm{min}} = 0{,}49\,\mathrm{m}$, $\Delta x_{\mathrm{max}} = 0{,}51\,\mathrm{m}$, $\Delta t_{\mathrm{min}} = 9{,}04\,\mathrm{ms}$, $\Delta t_{\mathrm{max}} = 9{,}14\,\mathrm{ms}$

$$v_{\mathrm{min}} = \frac{\Delta x_{\mathrm{min}}}{\Delta t_{\mathrm{max}}} = 53{,}6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \qquad v_{\mathrm{max}} = \frac{\Delta x_{\mathrm{max}}}{\Delta t_{\mathrm{min}}} = 56{,}4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Mittelwert: $\overline{v} = \frac{v_{\mathrm{min}} + v_{\mathrm{max}}}{2} = 55{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, absoluter Fehler: $\Delta v = v_{\mathrm{max}} - \overline{v} = 1{,}4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

relativer Fehler: $\delta_{\mathrm{rel}} = \frac{\Delta v}{\overline{v}} = 2{,}5\%$

0.1.4. $v_1 = \frac{2\,\mathrm{km}}{6\,\mathrm{min}} = \frac{1}{3}\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{min}} = 20\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 333\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}} = 5{,}56\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$v_2 = \frac{28\,\mathrm{km}}{48\,\mathrm{min}} = 0{,}48\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{min}} = 35\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 9{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$v_3 = \frac{6{,}5\cdot 12{,}5\,\mathrm{km}}{32\,\mathrm{h}} = 2{,}54\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 42{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}} = 0{,}705\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

0.2 Die Beschleunigung

0.2.1. (a) $v = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad\Longrightarrow\quad a = \frac{v}{t} = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{8\,\mathrm{s}} = 3{,}75\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

(b) $a = \frac{v}{t} = \frac{400\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{0{,}005\,\mathrm{s}} = 8{,}0\cdot 10^4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

(c) $v = 20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad\Longrightarrow\quad a = \frac{v}{t} \quad\Longrightarrow\quad t = \frac{v}{a} = \frac{20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{0{,}1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 2{,}0\cdot 10^2\,\mathrm{s}$

0.2.2. (a) $v = \frac{100}{3{,}6}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad\Longrightarrow\quad g = \frac{v}{t} \quad\Longrightarrow\quad t = \frac{v}{g} = \frac{100\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3{,}6\cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 2{,}83\,\mathrm{s}$

(b) $v = gt = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 3\,\mathrm{s} = 29\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 106\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

0.3 Die Kraft

0.3.1. $F = ma = 700\,000\,\mathrm{kg}\cdot 0{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 140\,\mathrm{kN}$

0.3.2. $F = ma \quad\Longrightarrow\quad a = \frac{F}{m} = 1{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \quad\Longrightarrow\quad t = \frac{v}{a} = \frac{100\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3{,}6\cdot 1{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 16{,}3\,\mathrm{s}$

0.4 Die Gewichtskraft

0.4.1. (a) $g_{\mathrm{Mond}} = 1{,}62\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

$m = 52\,\mathrm{kg}$	Nordpol	Äquator	Mond	Jupiter
F_{G} in N	511	509	84,2	$1{,}29\cdot 10^3$

$\frac{F_{\text{Äquator}}}{F_{\mathrm{Nordpol}}} = \frac{m\cdot g_{\text{Äquator}}}{m\cdot g_{\mathrm{Nordpol}}} = \frac{9{,}780}{9{,}832} = 0{,}9947 = 99{,}47\% \quad\Longrightarrow\quad$ um 0,53% kleiner

(b) $F = m\cdot g_{\mathrm{Mars}} \quad\Longrightarrow\quad m = \frac{F}{g_{\mathrm{Mars}}} = \frac{3{,}22\cdot 10^4\,\mathrm{N}}{3{,}73\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 8{,}63\,\mathrm{t}$

0.5 Das Gesetz von Hooke

0.5.1. (a) $D = \frac{F}{x} = \frac{270\,\mathrm{N}}{0{,}06\,\mathrm{m}} = 4{,}5\cdot 10^3\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

(b) $x = \frac{F}{D} = \frac{mg}{D} = \frac{5\,\mathrm{kg}\cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}}{80000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}} = 6{,}13\cdot 10^{-4}\,\mathrm{m} = 0{,}613\,\mathrm{mm}$

(c) $F = Dx = 20000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\cdot 0{,}04\,\mathrm{m} = 8{,}0\cdot 10^2\,\mathrm{N}$

$x = \frac{F}{D} = \frac{mg}{D} = \frac{70\,\mathrm{kg}\cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}}{20000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}} = 3{,}4\,\mathrm{cm}$

0.5.2. $D = \frac{F}{x_1} = \frac{m_1 g_{\mathrm{V}}}{x_1} = \frac{m_2 g_{\mathrm{M}}}{x_2} \quad\Longrightarrow\quad g_{\mathrm{M}} = \frac{m_1 x_2 g_{\mathrm{V}}}{x_1 m_2} = \frac{9{,}0\,\mathrm{g}\cdot 4{,}0\,\mathrm{cm}\cdot 8{,}5\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}}{1{,}7\,\mathrm{cm}\cdot 50\,\mathrm{g}} = 3{,}6\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$

0.6 Die Reibungskraft

0.6.1. (a) $F = \mu m g_{\mathrm{M}} \quad \Longrightarrow \quad \mu = \frac{F}{m g_{\mathrm{M}}} = \frac{298\,\mathrm{N}}{250\,\mathrm{kg} \cdot 3{,}73\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 0{,}320$

(b) $F_1 = \mu m g = \frac{F}{g_{\mathrm{M}}} \cdot g = \frac{298\,\mathrm{N} \cdot 9{,}81}{3{,}73} = 784\,\mathrm{N}$

(c) $g_{\mathrm{P}} = 0{,}58\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$, Reibungskraft: $F_{\mathrm{R}} = \mu m g_{\mathrm{P}} = 46\,\mathrm{N}$

Beschleunigende Kraft: $F_2 = F_1 - R_{\mathrm{R}} = 738\,\mathrm{N} = ma$

$$a = \frac{F_2}{m} = 3{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

0.6.2. $ma = F_{\mathrm{A}} - F_{\mathrm{R}} = F_{\mathrm{A}} - \mu m g \quad \Longrightarrow$

$$a = \frac{F_{\mathrm{A}} - \mu m g}{m} = \frac{F_{\mathrm{A}}}{m} - \mu g = 2{,}00\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} - 0{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 1{,}75\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

1 Arbeit und Energie

1.1 Die Arbeit

1.1.1. (a) $W_{\mathrm{H}} = mgh = 2{,}4 \cdot 10^4\,\mathrm{J}$

(b) $v = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \quad W_{\mathrm{B}} = \frac{m}{2} v^2 = 5{,}4 \cdot 10^5\,\mathrm{J}$

(c) $W_{\mathrm{R}} = \mu m g s = 5{,}9 \cdot 10^5\,\mathrm{J}$

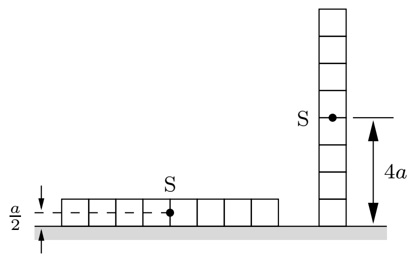
1.1.2. $W_{\mathrm{S}} = \frac{D}{2} x^2 = \frac{1}{2} \cdot 3600\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot (0{,}05\,\mathrm{m})^2 = 4{,}5\,\mathrm{J}$

1.1.3. (a) Der erste Würfel bleibt liegen, also $h_1 = 0$, der zweite Würfel wird um $h_2 = a$ gehoben, der dritte um $h_3 = 2a$ usw.:

$$\begin{aligned} W &= mgh_1 + mgh_2 + \dots + mgh_8 = mg(a + 2a + \dots + 7a) = \\ &= mga(1+2+3+4+5+6+7) = 28mga = 13{,}2\,\mathrm{J} \end{aligned}$$

(b) Wenn der Turm am Boden liegt, ist der Schwerpunkt in der Höhe $h_1 = \frac{a}{2}$, beim senkrecht stehenden Turm in der Höhe $h_2 = 4a$. Der Schwerpunkt wird um $h_2 - h_1$ gehoben:

$$W = 8mg\left(4a - \frac{a}{2}\right) = 8mg \cdot \frac{7a}{2} = 28mga$$



1.1.4. (a) $W_{\mathrm{h}} = (m + m_1)gh = 115\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 7{,}2\,\mathrm{m} = 8{,}1\,\mathrm{kJ}$

(b) $W = 120\,\mathrm{N} \cdot 80\,\mathrm{m} = 9600\,\mathrm{J} = 9{,}6\,\mathrm{kJ}$

(c) $W = \frac{m}{2} v^2 = \frac{0{,}025\,\mathrm{kg}}{2} \cdot 410^2\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} = 2{,}1 \cdot 10^3\,\mathrm{J} = 2{,}1\,\mathrm{kJ}$

(d) $W = \frac{D}{2} \Delta x^2 = \frac{4500\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}}{2} \cdot 0{,}064^2\,\mathrm{m}^2 = 9{,}2\,\mathrm{J}$

1.2 Der Energiesatz

1.2.1. (a) $mgh = (1 - 0{,}35) \cdot 0{,}25 \cdot 2{,}50 \cdot 10^6\,\mathrm{J}, \quad h = \dfrac{406250\,\mathrm{Nm}}{80\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 5{,}2 \cdot 10^2\,\mathrm{m}$

(b) $1\,\mathrm{kcal} = \dfrac{2{,}5}{597}\,\mathrm{MJ} = 4{,}19\,\mathrm{kJ} \quad \Longrightarrow \quad 420\,\mathrm{kcal} = 1760\,\mathrm{kJ}$

$mgh = (1 - 0{,}35) \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}76 \cdot 10^6\,\mathrm{J}, \quad h = \dfrac{286000\,\mathrm{Nm}}{55\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 5{,}3 \cdot 10^2\,\mathrm{m}$

1.2.2. (a) Zur Verfügung stehende Energie: $W = 15\,\mathrm{kg} \cdot 39\,\dfrac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} = 585\,\mathrm{MJ}$

Energieverbrauch: $1{,}5 \cdot 80\,\mathrm{kg} \cdot 100\,\dfrac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,d}} = 12\,\dfrac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{d}} \quad \Longrightarrow \quad t = \dfrac{585\,\mathrm{MJ}}{12\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{d}}} = 49\,\mathrm{d}$

Man verhungert also nicht so schnell, wenn man aureichend mit Flüssigkeit und Mineralstoffen versorgt wird!

(b) Ist W_F die vom Fett der Masse m_F gelieferte Energie, dann ist die Hubarbeit

$$W_\mathrm{h} = mgh = 0{,}65 \cdot 0{,}25 \cdot W_\mathrm{F} = 0{,}1625 \cdot 39\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} \cdot m_\mathrm{F} = 6{,}34\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} \cdot m_\mathrm{F}$$

$$m_\mathrm{F} = \frac{mgh}{6{,}34\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}}} = \frac{75\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 1000\,\mathrm{m}}{6{,}34\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}}} = \frac{0{,}736\,\mathrm{MJ}}{6{,}34\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}}} = 0{,}12\,\mathrm{kg}$$

(c) In 3 kg Fett steckt die Energie $W_\mathrm{F} = 3\,\mathrm{kg} \cdot 39\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} = 117\,\mathrm{MJ}$

Durch das Fasten werden $70\,\mathrm{kg} \cdot 1{,}2 \cdot 100\,\dfrac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,d}} \cdot 8\,\mathrm{d} = 67\,\mathrm{MJ}$ verbraucht.

Die restlichen $(117 - 67)\,\mathrm{MJ} = 50\,\mathrm{MJ}$ werden in Hubarbeit verwandelt:

$$\underbrace{0{,}65 \cdot 0{,}25 \cdot 50\,\mathrm{MJ}}_{8{,}125\,\mathrm{MJ}} = x \cdot mgh = x \cdot \underbrace{70\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 2262\,\mathrm{m}}_{1{,}55\,\mathrm{MJ}} \quad \Longrightarrow \quad x \approx 5$$

1.2.3. $W_\mathrm{p} = mgh$ mit $h = 160\,\mathrm{m}$. 85% der potentiellen Energie wandeln sich in Reibungsarbeit um:

$$0{,}85W_\mathrm{p} = 0{,}85mgh = \mu mgx \quad \Longrightarrow \quad x = \frac{0{,}85h}{\mu} = 4{,}5\,\mathrm{km}$$

1.2.4. (a) $W_\mathrm{H} = mgh = 70\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 27\,\mathrm{m} = 1{,}85 \cdot 10^4\,\mathrm{J}$

(b) Während des Sprungs wirkt immer die Gewichtskraft $F_\mathrm{G} = mg$ auf den Kletterer und zwar über die ganze Strecke h. Deshalb wird am Kletterer die Arbeit $\Delta W = mgh$ verrichtet und diese wird in kinetische Energie verwandelt.

(c) $mgh = \dfrac{m}{2}v^2 \quad \Longrightarrow \quad v^2 = 2gh = 530\,\dfrac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{2gh} = 23{,}0\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 82{,}9\,\dfrac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

1.2.5. Beschleunigungsarbeit von 0 auf v: $W_1 = \frac{m}{2}v^2$

Beschleunigungsarbeit von v auf $2v$: $W_2 = \frac{m}{2}(2v)^2 - \frac{m}{2}v^2 = \frac{3}{2}mv^2 = 3W_1 \quad \Longrightarrow \quad 3V$

1.2.6. (a) Die kinetische Energie des Waggons wandelt sich in die Spannenergie der Feder um.

(b) $\dfrac{m}{2}\,v^2 = \dfrac{D}{2}\,\Delta x^2 \quad\Longrightarrow\quad D = \dfrac{mv^2}{\Delta x^2} = \dfrac{1{,}5\cdot 10^4\,\mathrm{kg}\cdot 0{,}52^2\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{0{,}65^2\,\mathrm{m}^2} = 9{,}6\cdot 10^3\,\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

(c) $\dfrac{m}{2}\,v^2 = \dfrac{D}{2}\,\Delta x^2 \quad\Longrightarrow\quad \Delta x^2 = \dfrac{mv^2}{D} = 1{,}0816\,\mathrm{m}^2 \quad\Longrightarrow\quad x = 1{,}04\,\mathrm{m}$

1.2.7. reibungsfrei: $\dfrac{D}{2}d^2 = \dfrac{m}{2}v^2, \quad m = \dfrac{Dd^2}{v^2} = \dfrac{1000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\cdot 0{,}1^2\,\mathrm{m}^2}{10^2\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = 0{,}1\,\mathrm{kg}$

mit Reibung: $\dfrac{D}{2}d^2 = \dfrac{m}{2}v^2 + \mu mgd, \quad m = \dfrac{Dd^2}{v^2 + 2\mu gd} = \dfrac{1000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\cdot 0{,}1^2\,\mathrm{m}^2}{(10^2 + 0{,}981)\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = 0{,}099\,\mathrm{kg}$

1.2.8. Durch Konstruktion ermittelt man den Höhenunterschied h der Strecke und den Betrag der Normalkraft N:

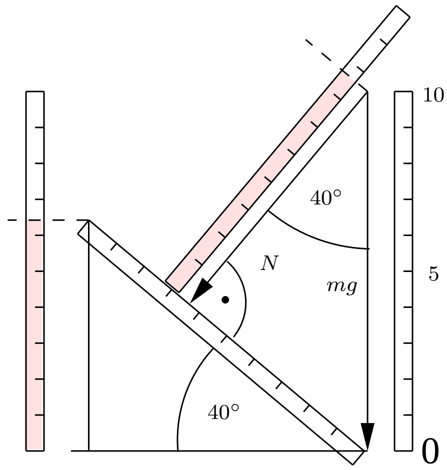
$$h = 0{,}64\cdot 475\,\mathrm{m} = 304\,\mathrm{m}$$

$$N = 0{,}77mg$$

$$mgh(1-0{,}365) = \frac{m}{2}v^2 + \mu Ns = \frac{m}{2}v^2 + 0{,}77\mu mgs$$

$$2\cdot 0{,}635gh = v^2 + 2\cdot 0{,}077gs$$

$$v^2 = 3800\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \quad\Longrightarrow\quad v = 55{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 200\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$



1.2.9. Zu Beginn der Bewegung ist nur die Spannenergie $F_\mathrm{s} = \frac{D}{2}x^2$ der Feder vorhanden. Während des Auseinanderschnellens der Feder wird F_s in kinetische Energie des Wagens umgewandelt und der Wagen auf die Geschwindigkeit v beschleunigt:

$$\frac{D}{2}x^2 = \frac{m}{2}v^2 \quad\Longrightarrow\quad v^2 = \frac{Dx^2}{m} = 100\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \quad\Longrightarrow\quad v = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Auf der waagrechten Strecke bleibt die kinetische Energie und damit auch v konstant. Während der Wagen die schiefe Ebene hinauf fährt, wandelt sich seine kinetische Energie in potentielle Energie um, bis im höchsten Punkt nur noch potentielle Energie vorhanden ist (Geschwindigkeit null):

$$mgh = \frac{m}{2}v^2 \quad\Longrightarrow\quad h = \frac{mv^2}{2mg} = \frac{v^2}{2g} = 5{,}10\,\mathrm{m}$$

Dann potentielle in kinetische, Geschwindigkeit $-v$ in der Ebene, kinetische in Spannenergie, bis die Feder wieder um $x = 2{,}50\,\mathrm{m}$ zusammengedrückt ist. Und dann beginnt das ganze Soiel von vorne.

1.3 Die Leistung

1.3.1. $P = \dfrac{W}{t} = \dfrac{Fs}{t} = Fv = mgv = 1{,}96\cdot 10^4\,\mathrm{W} = 19{,}6\,\mathrm{kW}$

$P_\mathrm{e}\cdot 0{,}8 = P \quad\Longrightarrow\quad P_\mathrm{e} = \dfrac{P}{0{,}8} = 24{,}5\,\mathrm{kW}$

1.3.2. $1\,\mathrm{m}^3 = 1000\,\mathrm{dm}^3 \implies m = 200 \cdot 1000\,\mathrm{kg} = 200\,000\,\mathrm{kg}$

$$\Delta W = mgh = 294{,}3\,\mathrm{MJ}$$

$$P_\mathrm{W} = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{294{,}3\,\mathrm{MJ}}{90\,\mathrm{s}} = 3{,}27\,\mathrm{MW}$$

$$P_\mathrm{e} = 0{,}8 \cdot P_\mathrm{W} = 2{,}62\,\mathrm{MW}$$

1.3.3. Die mechanische Leistung des Motors ist $P_\mathrm{m} = \eta P_\mathrm{e} = 39\,\mathrm{W}$.

$$\Delta W = P_\mathrm{m}\Delta t = \frac{D}{2}\Delta x^2$$

$$\Delta t = \frac{D\Delta x^2}{2P_\mathrm{m}} = \frac{3900\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{cm}} \cdot 25\,\mathrm{cm}^2}{2 \cdot 39\,\mathrm{W}} = \frac{2500\,\mathrm{N\,cm\,s}}{2\,\mathrm{J}} = \frac{25\,\mathrm{N\,m\,s}}{2\,\mathrm{N\,m}} = 12{,}5\,\mathrm{s}$$

2 Elektrizität

2.1 Die Stromstärke

2.1.1. (a) $M' = 33(m_\mathrm{p} + m_\mathrm{e}) + 42m_\mathrm{n} = 1{,}256 \cdot 10^{-25}\,\mathrm{kg} = 75{,}638\,\mathrm{u}$

$$\frac{M}{M'} = \frac{74{,}922\,\mathrm{u}}{75{,}638\,\mathrm{u}} = 0{,}9905 = 1 - 0{,}0095 \implies \text{um } 0{,}95\,\% \text{ kleiner.}$$

(b) Masse des Arsens: $m = 5{,}72\,\mathrm{kg}$

Zahl der As-Atome: $N = \dfrac{m}{M} = 4,555 \cdot 10^{25}$

Volumen des Meeres: $V = 3{,}63 \cdot 10^8\,\mathrm{km}^2 \cdot 3{,}77\,\mathrm{km} = 1{,}37 \cdot 10^9\,\mathrm{km}^3 = 1{,}37 \cdot 10^{21}\,\mathrm{dm}^3$

$$\frac{N}{V} = 3{,}3 \cdot 10^4\,\frac{1}{\mathrm{dm}^3}$$

2.1.2. $N = \dfrac{Q}{e} = 3{,}0 \cdot 10^9$

2.1.3. (a) $I = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = \dfrac{27\,\mathrm{C}}{60\,\mathrm{s}} = 0{,}45\,\mathrm{A}$

(b) $\Delta Q = I\Delta t = 3\,\mathrm{A} \cdot 3600\,\mathrm{s} = 10800\,\mathrm{As} \approx 1{,}1 \cdot 10^4\,\mathrm{C}$

(c) $\Delta t = \dfrac{\Delta Q}{I} = \dfrac{5\,\mathrm{As}}{2 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{A}} = 2{,}5 \cdot 10^4\,\mathrm{s} \approx 6{,}9\,\mathrm{h}$

(d) $\Delta Q = I\Delta t = 4 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{A} \cdot 1\,\mathrm{s} = 4 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{C}$, $n = \dfrac{\Delta Q}{e} = \dfrac{4 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{C}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}} = 2{,}5 \cdot 10^{11}$

2.1.4. (a) $m = 6{,}24 \cdot 10^{18} \cdot 1{,}79 \cdot 10^{-25}\,\mathrm{kg} = 1{,}12 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{kg} = 1{,}12\,\mathrm{mg}$

(b) $\Delta t = \dfrac{6{,}24 \cdot 10^{18}}{10^9\,\frac{1}{\mathrm{s}}} = 6{,}24 \cdot 10^9\,\mathrm{s} = \dfrac{6{,}24 \cdot 10^9\,\mathrm{a}}{3600 \cdot 24 \cdot 365{,}25} \approx 198\,\mathrm{a}$

2.1.5. (a) Zahl der Protonen: $N = \dfrac{1\,\mathrm{C}}{e} = 6{,}24 \cdot 10^{18}$

Länge der Kette: $N \cdot 10^{-15}\,\mathrm{m} = 6{,}24\,\mathrm{km}$

(b) Länge der Kette: $N \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m} = 6{,}24 \cdot 10^{16}\,\mathrm{m} = 6{,}6\,\mathrm{LJ}$

2.1.6. (a) Zum Knoten: $I_\mathrm{hinein} = (0{,}238 + 39{,}8 + 2{,}7)\,\mathrm{mA} = 42{,}738\,\mathrm{mA}$
Vom Knoten weg: $I_\mathrm{heraus} = (50 + 0{,}048 + 3{,}14 + 19{,}4)\,\mathrm{mA} = 72{,}588\,\mathrm{mA}$

I_1 fließt zum Knoten: $I_1 = (72{,}588 - 42{,}738)\,\mathrm{mA} = 29{,}85\,\mathrm{mA}$

Der größte Fehler der gegebenen Ströme ist 0,5 mA (bei 0,050 A), daher Runden auf ganze mA: $I_1 \approx 30\,\mathrm{mA}$.

(b) $I_1 = 1{,}8\,\mathrm{A}$, $I_2 = 1{,}8\,\mathrm{A} - 0{,}3\,\mathrm{A} = 1{,}5\,\mathrm{A}$, $I_4 = 1{,}5\,\mathrm{A} - 1{,}2\,\mathrm{A} = 0{,}3\,\mathrm{A}$ (nach oben)

$I_3 = 0{,}3\,\mathrm{A} + 0{,}3\,\mathrm{A} = 0{,}6\,\mathrm{A}$

(c) $I_1 = 201\,\mu\mathrm{A}, \quad I_2 = 180 I_1 = 36{,}18\,\mathrm{mA}, \quad I_4 = I_5 = I_1 + I_2 = 36{,}381\,\mathrm{mA}$

$I_3 = I_5 - 0{,}001\,\mathrm{mA} = 36{,}38\,\mathrm{mA}$

2.2 Die Spannung

2.2.1. (a) $U = \frac{W}{Q} = \frac{3\,\mathrm{J}}{0{,}06\,\mathrm{C}} = 50\,\mathrm{V}$

(b) $Q = \frac{W}{U} = \frac{2\,\mathrm{J}}{220\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}}} = 9{,}09\,\mathrm{mC}$

2.2.2. (a) $W_\mathrm{k} = eU = 8{,}01 \cdot 10^{-16}\,\mathrm{J}, \quad v^2 = \frac{2W_\mathrm{k}}{m_\mathrm{e}} = 1{,}76 \cdot 10^{15}\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \quad \Longrightarrow \quad v = 4{,}19 \cdot 10^7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

(b) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 3{,}84 \cdot 10^7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \quad W_\mathrm{k} = \frac{m_\mathrm{p}}{2} v^2 = 1{,}23 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{J}, \quad U = \frac{W_\mathrm{k}}{e} = 7{,}70\,\mathrm{MV}$

2.2.3. $P_\mathrm{mech} = 0{,}6 \cdot 230\,\mathrm{V} \cdot 10\,\mathrm{A} = 1380\,\mathrm{W}, \quad W = mgh = P \cdot \Delta t \quad \Longrightarrow \quad \Delta t = \frac{mgh}{P} = 13\,\mathrm{s}$

2.2.4. $\Delta t = \frac{W}{P} = \frac{c_\mathrm{Wasser} m \Delta T}{UI} = \frac{4190\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\,K}} \cdot 1\,\mathrm{kg} \cdot 86\,\mathrm{K}}{230\,\mathrm{V} \cdot 3{,}5\,\mathrm{A}} = 4{,}5 \cdot 10^2\,\mathrm{s} = 7{,}5\,\mathrm{min}$

2.2.5. $P = 75\% \cdot \frac{mgh}{\Delta t} = 0{,}75 \cdot \frac{84\,000\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 200\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{s}} = 1{,}24 \cdot 10^8\,\mathrm{W} = 124\,\mathrm{MW}$

$I = \frac{P}{U} = \frac{124\,\mathrm{MVA}}{0{,}11\,\mathrm{MV}} = 1{,}1 \cdot 10^3\,\mathrm{A}$

$25\% \cdot mgh = c_\mathrm{Wasser} m \Delta T \quad \Longrightarrow \quad \Delta T = \frac{0{,}25\,gh}{c_\mathrm{Wasser}} = \frac{0{,}25 \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 200\,\mathrm{m}}{4190\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\,K}}} = 0{,}12\,\mathrm{K}$

2.2.6. Energieverbrauch in einem Jahr:

$$W = NUIt = 1{,}8 \cdot 10^8 \cdot 230\,\mathrm{V} \cdot 0{,}045\,\mathrm{A} \cdot 365{,}25 \cdot 24\,\mathrm{h} = 1{,}6 \cdot 10^{10}\,\mathrm{kWh}$$

Kosten pro Jahr:

$$k = 1{,}6 \cdot 10^{10}\,\mathrm{kWh} \cdot 0{,}17\,\frac{€}{\mathrm{kWh}} = 2{,}8 \cdot 10^9\,€$$

Benötigte Gesamtleistung:

$$P = NUI = 1{,}8 \cdot 10^8 \cdot 230\,\mathrm{V} \cdot 0{,}045\,\mathrm{A} = 1{,}9\,\mathrm{GW}$$

Man benötigt $\frac{P}{36\,\mathrm{MW}} \approx 53$ Wasserkraftwerke oder $\frac{P}{0{,}9\,\mathrm{GW}} \approx 2$ Kernkraftwerke.

2.3 Das Ohmsche Gesetz

2.3.1. (a) $R = \frac{U}{I} = \frac{220\,\mathrm{V}}{0{,}11\,\mathrm{A}} = 2{,}0\,\mathrm{k\Omega}$

(b) $I = \frac{U}{R} = \frac{15\,0000\,\mathrm{V}}{35\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}} = 4{,}3 \cdot 10^2\,\mathrm{A}$

(c) $U = RI = 48 \cdot 10^3\,\Omega \cdot 25 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{A} = 1{,}2\,\mathrm{V}$

(d) $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{230\,\mathrm{V}}{18\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}} = 13\,\mathrm{A}$

(e) $U = RI = 2{,}5 \cdot 10^3\,\Omega \cdot 10 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{A} = 25\,\mathrm{V}$

2.3.2. $I = \dfrac{P}{U} = 0{,}26\,\mathrm{A}, \quad R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{U^2}{P} = 8{,}8 \cdot 10^2\,\Omega$

2.3.3. $R = \dfrac{U}{I} = 46\,\Omega, \quad P = UI = 1{,}27kW, \quad W = QU = 4{,}1 \cdot 10^6\,\mathrm{J}$

$t = \dfrac{Q}{I} = 3600\,\mathrm{s} = 1{,}0\,\mathrm{h}$

2.3.4. $I = \dfrac{Q}{t} = 4{,}5\,\mathrm{A}, \quad U = \dfrac{P}{I} = \dfrac{Pt}{Q} = 220\,\mathrm{V}, \quad R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{Pt^2}{Q^2} = 48\,\Omega, \quad W = Pt = 11\,\mathrm{kJ}$

2.3.5. $P = UI = \dfrac{U^2}{R} \quad \Longrightarrow \quad R = \dfrac{U^2}{P} = \dfrac{230^2\,\mathrm{V}^2}{690\,\mathrm{VA}} = 76{,}7\,\Omega$

$I = \dfrac{P}{U} = 3{,}0\,\mathrm{A}, \quad Q = It = 3{,}0\,\mathrm{A} \cdot 3600\,\mathrm{s} = 10800\,\mathrm{C}, \quad n = \dfrac{Q}{e} = 6{,}75 \cdot 10^{22}$

2.3.6. (a) $P = \dfrac{W}{t}, \quad U = \dfrac{P}{I} = \dfrac{W}{It}, \quad R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{W}{I^2 t}$

(b) $P = \dfrac{W}{t} = UI = RI^2 \quad \Longrightarrow \quad I = \sqrt{\dfrac{W}{Rt}}, \quad U = RI = \sqrt{\dfrac{WR}{t}}$

2.4 Widerstandsschaltungen

2.4.1.

	R_1 in Ω	R_2 in Ω	R in Ω	U_1 in V	U_2 in V	U in V	I in A
(a)	80	120	200	4	6	10	0,05
(b)	150	10	160	5	0,33	5,33	0,033
(c)	$9 \cdot 10^5$	30	$9 \cdot 10^5$	299,99	0,01	300	$3{,}3 \cdot 10^{-4}$
(d)	1000	$1{,}999 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	0,001	1,999	2	$1 \cdot 10^{-6}$
(e)	1000	4000	5000	100	400	500	0,1
(f)	50	-6	44	?	?	220	5
(g)	?	80	?	?	6,4	?	0,8

zu (f): nicht möglich, da $R_2 < 0$

zu (g): nicht möglich, da $I = \dfrac{U_2}{R_2} = 0{,}08\,\mathrm{A} \neq 0{,}8\,\mathrm{A}$

2.4.2. $R + R + 100\,\Omega + R + 200\,\Omega + R + 300\,\Omega + R + 400\,\Omega = \dfrac{U}{I} = 1150\,\Omega$

$5R + 1000\,\Omega = 1150\,\Omega \quad \Longrightarrow \quad R = 30\,\Omega$

$U_1 = 30\,\Omega \cdot I = 6\,\mathrm{V}$, $U_2 = 26\,\mathrm{V}$, $U_2 = 46\,\mathrm{V}$, $U_2 = 66\,\mathrm{V}$, $U_2 = 86\,\mathrm{V}$

Probe: $U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 = U$

2.4.3. Mit $P = 1{,}05\,\mathrm{W}$ und der Lampenspannung $U_\mathrm{L} = 3{,}5\,\mathrm{V}$ folgt für den Sollstrom durch die Lampe $I = \dfrac{P}{U_\mathrm{L}} = 0{,}3\,\mathrm{A}$.

Der Widerstand der Lampe ist $R_\mathrm{L} = \dfrac{U_\mathrm{L}}{I} = 11{,}7\,\Omega$.

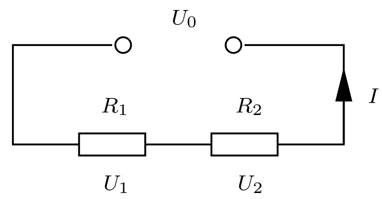
Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung ist $R_{\text{ges}} = R + R_{\text{L}} = \dfrac{230\,\text{V}}{0{,}3\text{A}} = 766{,}7\,\Omega$.

$R = R_{\text{ges}} - R_{\text{L}} = 755\,\Omega$

Die Gesamtleistung ist $P_{\text{ges}} = 230\ \text{V} \cdot I^2 = 20{,}7\,\text{W}$, die Nutzleistung $P = 1{,}05\,\text{W}$ und die Verlustleistung $P_{\text{V}} = P_{\text{ges}} - P = 19{,}65\,\text{W}$.

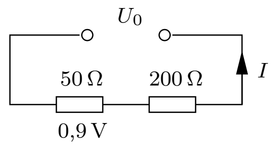
$\dfrac{P_{\text{V}}}{P_{\text{ges}}} = 94{,}9\,\%,\ \dfrac{P_{\text{V}}}{P} = 1{,}87 \cdot 10^3\,\%$

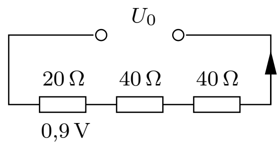
2.4.4. $U_0 = 4{,}5\,\text{V},\ U_1 = 0{,}9\,\text{V},\ U_2 = 3{,}6\,\text{V}$

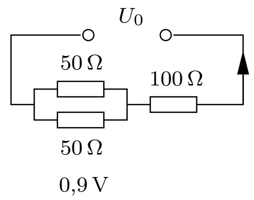


$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2 I}{R_1 I} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3{,}6\,\text{V}}{0{,}9\,\text{V}} = 4 \quad\Longrightarrow\quad R_2 = 4R_1$$

Beispiele:



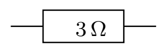




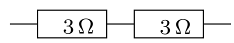
2.4.5. (a) $\dfrac{1}{1\,\text{k}\Omega} = \dfrac{1}{10\,\text{k}\Omega} + \dfrac{1}{R} \quad\Longrightarrow\quad R = \dfrac{10}{9}\,\text{k}\Omega \approx 1{,}11\,\text{k}\Omega$

(b) $\dfrac{1}{0{,}9\,\text{k}\Omega} = \dfrac{1}{2\,\text{k}\Omega} + \dfrac{1}{R} \quad\Longrightarrow\quad R = \dfrac{18}{11}\,\text{k}\Omega \approx 1{,}64\,\text{k}\Omega$

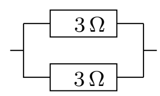
2.4.6. $R_{\text{ges}} = 3\,\Omega$



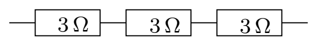
$R_{\text{ges}} = 6\,\Omega$



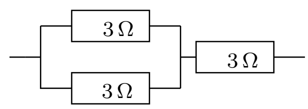
$R_{\text{ges}} = 1{,}5\,\Omega$



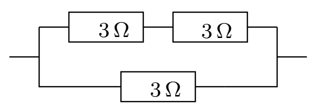
$R_{\text{ges}} = 9\,\Omega$



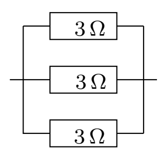
$R_{\text{ges}} = 1{,}5\,\Omega + 3\,\Omega = 4{,}5\,\Omega$



$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{6\,\Omega} + \frac{1}{3\,\Omega} = \frac{1}{2\,\Omega} \quad\Longrightarrow\quad R_{\text{ges}} = 2\,\Omega$$



$R_{\text{ges}} = 1\,\Omega$



2.4.7. (a) $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{5\,\mathrm{k}\Omega} + \frac{1}{0{,}6\,\mathrm{k}\Omega} = \frac{1}{5\,\mathrm{k}\Omega} \quad\Longrightarrow\quad R_1 = \frac{15}{28}\,\mathrm{k}\Omega \quad\Longrightarrow\quad R_{\text{ges}} = 3{,}54\,\mathrm{k}\Omega$

$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{AB}}}{R_{\text{ges}}} = \frac{14}{495}\,\mathrm{A} \approx 0{,}0283\,\mathrm{A}, \quad U_{\text{links}} = 3000\,\Omega \cdot I_{\text{ges}} = 84{,}8\,\mathrm{V}$

$U_{\text{rechts}} = U_{\text{AB}} - U_{\text{links}} = 15{,}2\,\mathrm{V}$

(b) $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{200\,\Omega} + \frac{1}{100\,\Omega} \quad\Longrightarrow\quad R_{\text{ges}} = \frac{200}{3}\,\Omega \approx 66{,}7\,\Omega$

$I_{\text{oben}} = \frac{100\,\mathrm{V}}{200\,\Omega} = 0{,}5\,\mathrm{A}, \quad I_{\text{oben}} = \frac{100\,\mathrm{V}}{100\,\Omega} = 1{,}0\,\mathrm{A}$

$U_{\text{oben links}} = U_{\text{oben rechts}} = 50\,\mathrm{V}, \quad U_{\text{unten}} = 100\,\mathrm{V}$

(c) $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{30\,\Omega} + \frac{1}{110\,\Omega} \quad\Longrightarrow\quad R_{\text{ges}} = \frac{330}{14}\,\Omega \approx 23{,}6\,\Omega$

$I_{\text{oben}} = \frac{100\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = \frac{10}{3}\,\mathrm{A}, \quad I_{\text{unten}} = \frac{100\,\mathrm{V}}{110\,\Omega} = \frac{10}{11}\,\mathrm{A}$

$U_{\text{oben links}} = 10\,\Omega \cdot I_{\text{oben}} = \frac{100}{3}\,\mathrm{V}, \quad U_{\text{oben rechts}} = 20\,\Omega \cdot I_{\text{oben}} = \frac{200}{3}\,\mathrm{V}$

$U_{\text{unten links}} = 100\,\Omega \cdot I_{\text{unten}} = 90{,}9\,\mathrm{V}, \quad U_{\text{unten rechts}} = 10\,\Omega \cdot I_{\text{unten}} = 9{,}1\,\mathrm{V}$

(d) $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{50\,\Omega} + \frac{1}{20\,\Omega} \quad\Longrightarrow\quad R_1 = \frac{100}{7}\,\Omega \quad\Longrightarrow\quad R_{\text{oben}} = 30\,\Omega + R_1 = \frac{310}{7}\,\Omega$

$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{7}{310\,\Omega} + \frac{1}{50\,\Omega} \quad\Longrightarrow\quad R_{\text{ges}} = \frac{775}{33}\,\Omega \approx 23{,}5\,\Omega$

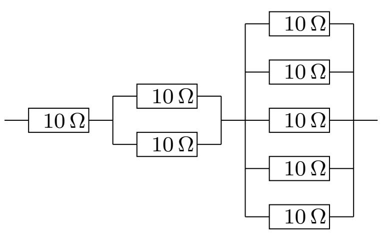
$U_{\text{unten}} = 100\,\mathrm{V}, \quad I_{\text{unten}} = 2\,\mathrm{A} \quad I_{\text{oben}} = \frac{100\,\mathrm{V}}{R_{\text{oben}}} = \frac{70}{31}\,\mathrm{A} \approx 2{,}26\,\mathrm{A}$

$U_{\text{oben links}} = 30\,\Omega \cdot I_{\text{oben}} = \frac{2100}{31}\,\mathrm{V} \approx 67{,}7\,\mathrm{V}$

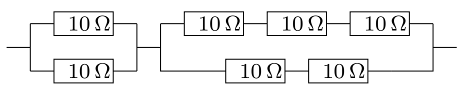
$U_{\text{oben rechts}} = R_1 \cdot I_{\text{oben}} = \frac{1000}{31}\,\mathrm{V} \approx 32{,}3\,\mathrm{V}$

$I_{\text{oben rechts oben}} = \frac{U_{\text{oben rechts}}}{50\,\Omega} = 0{,}645\,\mathrm{A}, \quad I_{\text{oben rechts unten}} = \frac{U_{\text{oben rechts}}}{20\,\Omega} = 1{,}613\,\mathrm{A}$

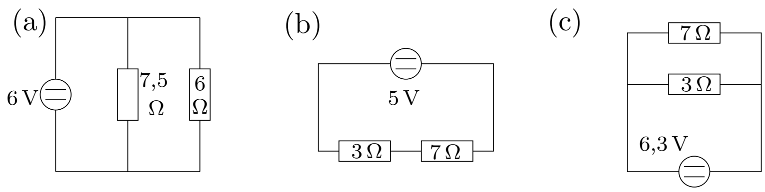
2.4.8. $R_{\text{ges}} = 10\,\Omega + 5\,\Omega + 2\,\Omega = 17\,\Omega$



$R_{\text{ges}} = 5\,\Omega + 12\,\Omega = 17\,\Omega$



2.4.9. Vereinfachen der Schaltungen:

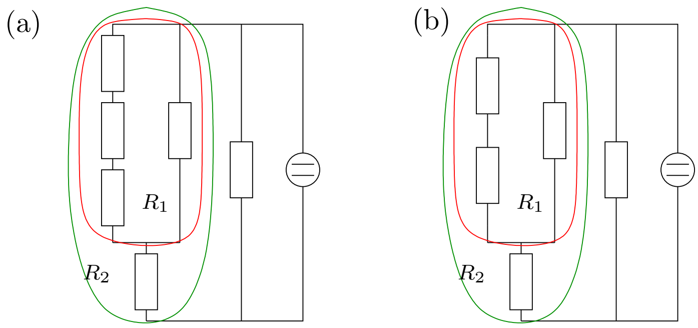


(a) Gesamtstrom: $I = \dfrac{6\,\mathrm{V}}{7{,}5\,\Omega} + \dfrac{6\,\mathrm{V}}{6\,\Omega} = 1{,}8\,\mathrm{A} \quad \Longrightarrow \quad P = UI = 6\,\mathrm{V} \cdot 1{,}8\,\mathrm{A} = 10{,}8\,\mathrm{W}$

(b) Gesamtstrom: $I = \dfrac{5\,\mathrm{V}}{10\,\Omega} = 0{,}5\,\mathrm{A} \quad \Longrightarrow \quad P = UI = 5\,\mathrm{V} \cdot 0{,}5\,\mathrm{A} = 2{,}5\,\mathrm{W}$

(c) Gesamtstrom: $I = \dfrac{6{,}3\,\mathrm{V}}{7\,\Omega} + \dfrac{6{,}3\,\mathrm{V}}{3\,\Omega} = 3{,}0\,\mathrm{A} \quad \Longrightarrow \quad P = UI = 6{,}3\,\mathrm{V} \cdot 3\,\mathrm{A} = 18{,}9\,\mathrm{W}$

2.4.10. Vereinfachen der Schaltungen:



(a) $R_1 = \dfrac{33\,\Omega \cdot 11\,\Omega}{33\,\Omega + 11\,\Omega} = 8{,}25\,\Omega, \qquad R_2 = R_1 + 11\,\Omega = 19{,}25\,\Omega$

$$R_{\mathrm{ges}} = \frac{19{,}25\,\Omega \cdot 11\,\Omega}{19{,}25\,\Omega + 11\,\Omega} = 7{,}0\,\Omega, \qquad P = UI = \frac{U^2}{R_{\mathrm{ges}}} = 3{,}57\,\mathrm{W}$$

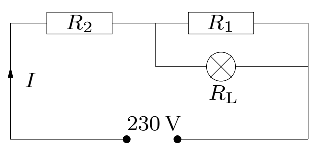
(b) $R_1 = \dfrac{22\,\Omega \cdot 11\,\Omega}{22\,\Omega + 11\,\Omega} = \dfrac{22}{3}\,\Omega, \qquad R_2 = R_1 + 11\,\Omega = \dfrac{55}{3}\,\Omega$

$$R_{\mathrm{ges}} = \frac{\frac{55}{3}\,\Omega \cdot 11\,\Omega}{\frac{55}{3}\,\Omega + 11\,\Omega} = 6{,}875\,\Omega, \qquad P = UI = \frac{U^2}{R_{\mathrm{ges}}} = 3{,}64\,\mathrm{W}$$

2.4.11. Maximaler Strom durch die Lampe: $I_{\max} = \frac{12\,\mathrm{V}}{40\,\Omega} = 0{,}3\,\mathrm{A}$. Für eine Reihenschaltung sind die Widerstände zu klein, denn $R_{\mathrm{ges}} = (40 + 152 + 10)\,\Omega = 202\,\Omega$, es muss aber

$$R_{\mathrm{ges}} \geqq \frac{230\,\mathrm{V}}{I_{\max}} = 767\,\Omega$$

sein. Also Spannungsteiler:



$$R_{\mathrm{ges}} = \left(152 + \frac{40 \cdot 10}{40 + 10}\right)\Omega = 160\,\Omega$$

$$I = \frac{230\,\mathrm{V}}{R_{\mathrm{ges}}} = \frac{23}{16}\,\mathrm{A}, \quad U_2 = R_2 I = 218{,}5\,\mathrm{V}, \quad U_\mathrm{L} = U_1 = 230\,\mathrm{V} - U_2 = 11{,}5\,\mathrm{V}$$

3 Wärme

3.1 Temperatur

3.1.1. (a) $T_s = (119 + 273)\,\mathrm{K} = 329\,\mathrm{K}, \qquad T_v = (445 + 273)\,\mathrm{K} = 718\,\mathrm{K}$

(b) $T_s = (933 - 273)\,°\mathrm{C} = 660\,°\mathrm{C}, \qquad T_v = (2723 - 273)\,°\mathrm{C} = 2450\,°\mathrm{C}$

(c) $T_v = (-113 + 273)\,\mathrm{K} = 160\,\mathrm{K}, \qquad T_v - T_s = 160\,\mathrm{K} - 22\,\mathrm{K} = 138\,\mathrm{K}$

3.1.2. (a) $k = \frac{2\overline{W}_k}{3T} = \frac{2 \cdot 5{,}12 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J}}{3 \cdot 2473{,}15\,\mathrm{K}} = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}$

(b) $\frac{m}{2}v^2 = \overline{W}_k \quad \Longrightarrow \quad v^2 = \frac{2\overline{W}_k}{m} = 5{,}66 \cdot 10^5\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \quad \Longrightarrow \quad v = 752\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

(c) Jede Geschwindigkeit ändert sich um den Faktor 1,1, jede kinetische Energie also um den Faktor $1{,}1^2 = 1{,}21$. Damit ändert sich auch die mittlere kinetische Energie und somit die Temperatur um den Faktor 1,21. Die Temperatur ist also um 21% größer.

3.2 Aggregatzustände

3.2.1. (a) $\overline{W}_k = \frac{m}{2}\left(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + v_5^2 + v_6^2 + v_7^2\right) \cdot \frac{1}{7} = 6{,}21 \cdot 10^{-21}\,\mathrm{J}$

$$C = \frac{\overline{W}_k}{T} = 2{,}07 \cdot 10^{-23}\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}$$

(b) $\frac{m}{2}v_0^2 = W_0 \quad \Longrightarrow \quad v_0^2 = \frac{2W_0}{m} = 4{,}48 \cdot 10^5\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \quad \Longrightarrow \quad v_0 = 669\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Die Teilchen mit v_3 und v_6 verlassen die Flüssigkeit. Restflüssigkeit:

$$\overline{W}_{k1} = \frac{m}{2}\left(v_1^2 + v_2^2 + v_4^2 + v_5^2 + v_7^2\right) \cdot \frac{1}{5} = 5{,}96 \cdot 10^{-21}\,\mathrm{J}$$

$$T_1 = \frac{\overline{W}_{k1}}{C} = 288\,\mathrm{K}$$

3.3 Innere Energie

3.3.1. $mc\Delta T = \Delta W \quad \Longrightarrow \quad m = \frac{\Delta W}{c\Delta T} = \frac{1{,}401\,\mathrm{kJ}}{0{,}452\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}} \cdot 155\,\mathrm{K}} = 0{,}020\,\mathrm{kg} = 20\,\mathrm{g}$

3.3.2. $\Delta W = \frac{1}{2}W_{\mathrm{kin}} = \frac{m}{4}v_0^2 = 50\,\mathrm{J} = 0{,}05\,\mathrm{kJ}$

$$mc\Delta T = \Delta W \quad \Longrightarrow \quad \Delta T = \frac{\Delta W}{mc} = \frac{0{,}05\,\mathrm{kJ}}{8\,\mathrm{kg} \cdot 0{,}129\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}} = 0{,}048\,\mathrm{K}$$

3.3.3. $mc\Delta T = mgh \quad \Longrightarrow \quad \Delta T = \frac{gh}{c} = \frac{9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 100\,\mathrm{m}}{4{,}19\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}} = \frac{981\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}}{4190\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\,K}}} = 0{,}23\,\mathrm{K}$

3.3.4. Mit $m = 0{,}5\,\mathrm{kg}$, $c_{\mathrm{Eis}} = 2{,}06\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}$, $q_s = 334\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$ und $c_{\mathrm{Wasser}} = 4{,}19\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}$ folgt

$$\Delta W = \underbrace{mc_{\mathrm{Eis}} \cdot 4\,\mathrm{K}}_{4{,}12\,\mathrm{kJ}} + \underbrace{mq_s}_{167\,\mathrm{kJ}} + \underbrace{mc_{\mathrm{Wasser}} \cdot 20\,\mathrm{K}}_{41{,}9\,\mathrm{kJ}} = 213\,\mathrm{kJ}$$

3.3.5. $\Delta W = mc\Delta T + mq_\mathrm{s} = 5\,\mathrm{kg} \cdot 0{,}129\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}} \cdot 309\,\mathrm{K} + 5\,\mathrm{kg} \cdot 23\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 314\,\mathrm{kJ}$

3.3.6. Zum Verdampfen von $1\,\mathrm{m}^3$ Wasser der Temperatur $18\,°\mathrm{C}$ wird die Energie

$$\Delta W = 1000\,\mathrm{kg} \cdot 4{,}19\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}} \cdot 82\,\mathrm{K} + 1000\,\mathrm{kg} \cdot 2257\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 2{,}60 \cdot 10^9\,\mathrm{J}$$

benötigt. Somit können $\frac{10^{16}}{2{,}6 \cdot 10^9} = 3{,}8 \cdot 10^6$ Kubikmeter Wasser verdampft werden.

3.3.7. Erwärmen von $T_0 = 293\,\mathrm{K}$ auf T_s:

$Q_1 = cm(T_\mathrm{s} - T_0) = 0{,}7\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}} \cdot 1000\,\mathrm{kg} \cdot 1518\,\mathrm{K} = 1{,}063 \cdot 10^6\,\mathrm{J}$

Schmelzen:

$Q_\mathrm{s} = mq_\mathrm{s} = 1000\,\mathrm{kg} \cdot 247\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 0{,}247 \cdot 10^6\,\mathrm{J}$

Erwärmen von T_s auf T_v:

$Q_2 = cm(T_\mathrm{v} - T_\mathrm{s}) = 0{,}7\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}} \cdot 1000\,\mathrm{kg} \cdot 1462\,\mathrm{K} = 1{,}023 \cdot 10^6\,\mathrm{J}$

Verdampfen:

$Q_\mathrm{v} = mq_\mathrm{s} = 1000\,\mathrm{kg} \cdot 6340\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 6{,}34 \cdot 10^6\,\mathrm{J}$

$W_\mathrm{ges} = Q_1 + Q_\mathrm{s} + Q_2 + Q_\mathrm{v} = 8{,}7 \cdot 10^6\,\mathrm{kJ} = 8{,}7 \cdot 10^9\,\mathrm{J}$

3.4 Wärmeausdehnung

3.4.1. $\Delta x = \alpha x \Delta T = 1{,}21 \cdot 10^{-5}\,\frac{1}{\mathrm{K}} \cdot 20\,\mathrm{m} \cdot 60\,\mathrm{K} = 1{,}5\,\mathrm{cm}$

3.4.2. $x = 25\,\mathrm{m}(1 + \alpha\Delta T) = 25{,}0065\,\mathrm{m}, \quad \delta_\mathrm{rel} = \frac{0{,}0065}{25} = 2{,}6 \cdot 10^{-4}$

3.4.3. $A = ab, \quad A' = a(1 + \alpha\Delta T)b(1 + \alpha\Delta T) = A(1 + \alpha\Delta T)^2$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{A' - A}{A} = (1 + \alpha\Delta T)^2 - 1 = 2\alpha\Delta T + (\alpha\Delta T)^2 = 2{,}1 \cdot 10^{-3} = 0{,}21\%$$

3.4.4. $d = 10\,\mathrm{cm} \cdot (1 + \alpha_\mathrm{Al}\Delta T) - 10\,\mathrm{cm} \cdot (1 + \alpha_\mathrm{Fe}\Delta T) = 10\,\mathrm{cm} \cdot (\alpha_\mathrm{Al} - \alpha_\mathrm{Fe})\Delta T$

$$\Delta T = \frac{d}{10\,\mathrm{cm} \cdot (\alpha_\mathrm{Al} - \alpha_\mathrm{Fe})} = \frac{0{,}01\,\mathrm{cm}}{10\,\mathrm{cm} \cdot 1{,}17 \cdot 10^{-5}\,\frac{1}{\mathrm{K}}} = 85{,}5\,\mathrm{K} \quad \Longrightarrow \quad T = 105{,}5\,°\mathrm{C}$$

3.4.5. $V' = V(1 + \alpha\Delta T)^3 = 1{,}001\,V \quad \Longrightarrow \quad (1 + \alpha\Delta T)^3 \approx 1 + 3\alpha\Delta T = 1{,}001$

$$\Delta T = \frac{0{,}001}{3\alpha} = 23{,}3\,\mathrm{K}$$