Řešení úloh školního kola 59. ročníku Fyzikální olympiády

Kategorie E a F

Autoři úloh:
M. Hanáková (12), Z. Kalík (9), V. Koubek (11), L. Richterek (1, 7),
J. Thomas (2–6, 8, 10)

FO59EF1–1: Na trase Zlín–Liberec

a) V době, kdy pan Novák vyjel ze Zlína, byl pan Horák ve vzdálenosti

$$s_1 = v_\mathrm{H}\,(t_\mathrm{N} - t_\mathrm{H}) = 40\,\mathrm{km/h}\cdot(17{,}5\,\mathrm{h} - 16\,\mathrm{h}) = 60\,\mathrm{km}$$

od Zlína. Protože se pohybují vzájemnou rychlostí $v_1 = v_\mathrm{N} - v_\mathrm{H} = 55\,\mathrm{km/h} - 40\,\mathrm{km/h} = 15\,\mathrm{km/h}$, pan Novák dojede pan Horáka za čas

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{60\,\mathrm{km}}{15\,\mathrm{km/h}} = 4{,}0\,\mathrm{h} \quad (\text{tj. v } 17{:}30 + 4{:}00 = 21{:}30\,\mathrm{h}).$$

Pan Novák bude v té době ve vzdálenosti

$$s_2 = v_\mathrm{N} t_1 = 55\,\mathrm{km/h}\cdot 4{,}0\,\mathrm{h} = 220\,\mathrm{km}$$

od Zlína. Pomocí mapy, atlasu nebo např. pomocí serveru `mapy.cz` zjistíme, že trase ze Zlína do Hradce Králové odpovídá vzdálenost asi 210 km, setkají se proto za Hradcem Králové. **3 body**

b) Vzájemná rychlost pana Horáka a pana Skaláka, kteří jedou proti sobě, bude $v_2 = v_\mathrm{H} + v_\mathrm{S} = 40\,\mathrm{km/h} + 50\,\mathrm{km/h} = 90\,\mathrm{km/h}$; setkají se proto za čas

$$t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{300\,\mathrm{km}}{90\,\mathrm{km/h}} \doteq 3{,}333\,3\,\mathrm{h} = 3\,\mathrm{h}\ 20\,\mathrm{min} \quad (\text{tj. v } 16{:}00 + 3{:}20 = 19{:}20\,\mathrm{h}).$$

ve vzdálenosti

$$s_3 = v_\mathrm{S} t_2 = 50\,\mathrm{km/h}\cdot 3{,}333\,3\,\mathrm{h} \doteq 166{,}67\,\mathrm{km} \doteq 170\,\mathrm{km}$$

od Liberce, resp.

$$s_4 = v_\mathrm{N} t_2 = 40\,\mathrm{km/h}\cdot 3{,}333\,3\,\mathrm{h} \doteq 133{,}33\,\mathrm{km} \doteq 130\,\mathrm{km}$$

od Zlína. **3 body**

c) Určíme časy, kdy jednotliví motoristé dorazí do cíle:

$$\text{pan Horák: } 16\,\mathrm{h} + \frac{300\,\mathrm{km}}{40\,\mathrm{km/h}} = 23{,}5\,\mathrm{h} = 23{:}30\,\mathrm{h},$$

$$\text{pan Novák: } 17{,}5\,\mathrm{h} + \frac{300\,\mathrm{km}}{55\,\mathrm{km/h}} \doteq 22{,}955\,\mathrm{h} \doteq 23{:}00\,\mathrm{h},$$

$$\text{pan Skalák: } 16\,\mathrm{h} + \frac{300\,\mathrm{km}}{50\,\mathrm{km/h}} = 22{,}0\,\mathrm{h} = 22{:}00\,\mathrm{h}.$$

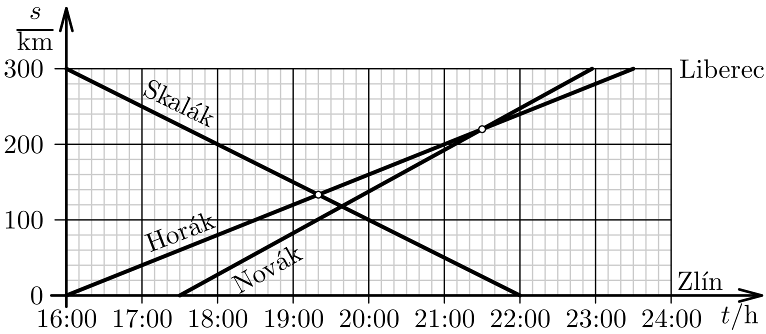
V cíli bude nejdříve pan Skalák. Graf jejich pohybu je na obr. 1. **4 body**

FO59EF1–2: Mezi stanicemi

a) Rychlost vlaku při rovnoměrném pohybu je

$$v = 64{,}8\,\mathrm{km/h} = 18{,}0\,\mathrm{m/s}.$$

Průměrná rychlost vlaku při rozjíždění je $v_1 = v/2 = 9{,}00\,\mathrm{m/s}$. Na prvním úseku



Obr. 1: Pohyb automobilů na trase Zlín–Liberec k úloze 1

vlak za čas $t_1 = 3{,}00\,\mathrm{min} = 180\,\mathrm{s}$ ujede dráhu

$$s_1 = v_1 t_1 = 9{,}00\,\mathrm{m/s} \cdot 180\,\mathrm{s} = 1\,620\,\mathrm{m}.$$ **2 body**

b) Doba jízdy na prostředním úseku t_2 vychází

$$t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{5\,400\,\mathrm{m}}{18{,}0\,\mathrm{m/s}} = 300\,\mathrm{s}.$$

Průměrná rychlost při brzdění je stejná, jako při rozjíždění; doba brzdění tedy bude

$$t_3 = \frac{s_3}{v_1} = \frac{1\,350\,\mathrm{m}}{9{,}00\,\mathrm{m/s}} = 150\,\mathrm{s}.$$ **2 body**

c) Celková dráha vlaku mezi stanicemi je

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 1\,620\,\mathrm{m} + 5\,400\,\mathrm{m} + 1\,350\,\mathrm{m} = 8\,370\,\mathrm{m},$$

celková doba jízdy

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 180\,\mathrm{s} + 300\,\mathrm{s} + 150\,\mathrm{s} = 630\,\mathrm{s} = 10{,}5\,\mathrm{min}.$$ **2 body**

d) Průměrná rychlost vlaku vychází

$$v_\mathrm{p} = \frac{s}{t} = \frac{8\,370\,\mathrm{m}}{630\,\mathrm{s}} \doteq 13{,}285\,7\,\mathrm{m/s} \doteq 13{,}3\,\mathrm{m/s}.$$

Výsledek můžeme vyjádřit i v km/h, dostáváme
$v_\mathrm{p} \doteq 47{,}828\,6\,\mathrm{km/h} \doteq 47{,}8\,\mathrm{km/h}.$ **2 body**

e) Graf závislosti rychlosti na čase je na obr. 2. **2 body**

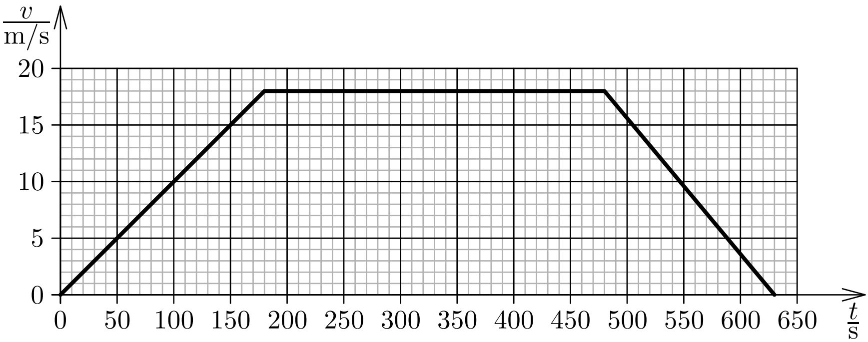
FO59EF1–3: Výlet lodí

a) Při cestě proti proudu pro rychlost proudu v_1 a rychlost lodi na klidné vodě v_2 platí

$$v_2 - v_1 = \frac{s}{t_1} = \frac{10\,\mathrm{km}}{4{,}0\,\mathrm{h}} = 2{,}5\,\mathrm{km/h},$$

při cestě po proudu za čas $t_2 = 1\,\mathrm{h}\ 40\,\mathrm{min} = 5/3\,\mathrm{h}$ podobně

$$v_2 + v_1 = \frac{s}{t_2} = \frac{10\,\mathrm{km}}{\frac{5}{3}\mathrm{h}} = 6{,}0\,\mathrm{km/h}.$$



Obr. 2: Závislost $v = v(t)$ rychlosti vlaku na čase při jízdě mezi stanicemi v úloze 2

Sečtením rovnic dostaneme

$$v_2 = \frac{6{,}0\,\mathrm{km/h} + 2{,}5\,\mathrm{km/h}}{2} = 4{,}25\,\mathrm{km/h} \doteq 4{,}3\,\mathrm{km/h} \doteq 1{,}2\,\mathrm{m/s}.$$

Odečtením rovnic dostaneme

$$v_1 = \frac{6{,}0\,\mathrm{km/h} - 2{,}5\,\mathrm{km/h}}{2} = 1{,}75\,\mathrm{km/h} \doteq 1{,}8\,\mathrm{km/h} \doteq 0{,}49\,\mathrm{m/s}.$$

3 body

b) Cesta tam a zpět měří $2s = 2 \cdot 10\,\mathrm{km} = 20\,\mathrm{km}$. Při průměrné rychlosti $v_\mathrm{p} = 3{,}0\,\mathrm{km/h}$ celý výlet trvá dobu

$$t_\mathrm{p} = \frac{2s}{v_\mathrm{p}} = \frac{20\,\mathrm{km}}{3\,\mathrm{km/h}} = \frac{20}{3}\,\mathrm{h}.$$

Samotná doba jízdy přitom podle zadání trvá dobu

$$t = t_1 + t_2 = 4\,\mathrm{h} + \frac{5}{3}\,\mathrm{h} = \frac{17}{3}\mathrm{h}.$$

Pro dobu přestávky pak vychází

$$\Delta t = t_\mathrm{p} - t = \frac{2s}{v_\mathrm{p}} - t_1 - t_2 = \frac{20\,\mathrm{km}}{3\,\mathrm{km/h}} - 4\,\mathrm{h} - \frac{5}{3}\,\mathrm{h} = 1\,\mathrm{h}.$$

3 body

c) Po zlomení pádla se posledních 5 km vzhledem ke břehu pohybuje kanoe rychlostí

$$v' = \frac{v_2}{2} + v_1 = \frac{4{,}25\,\mathrm{km/h}}{2} + 1{,}75\,\mathrm{km/h} = \frac{31}{8}\,\mathrm{km/h} = 3{,}875\,\mathrm{km/h}$$

a těchto posledních 5 km pojedou přátelé po dobu

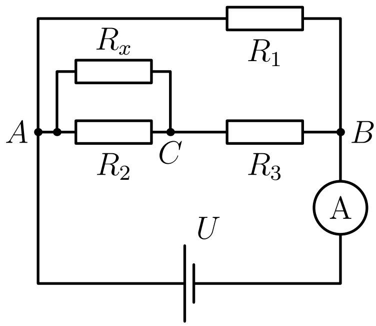
$$t_2' = \frac{5\,\mathrm{km}}{\frac{31}{8}\,\mathrm{km/h}} = \frac{40}{31}\,\mathrm{h} \doteq 1{,}3\,\mathrm{h}.$$

Celková doba výletu včetně přestávky se prodlouží na

$$t' = t_1 + \Delta t + \frac{t_2}{2} + t_2' = 4\,\mathrm{h} + 1\,\mathrm{h} + \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{3}\,\mathrm{h} + \frac{40}{31}\,\mathrm{h} = 7{,}123\,7\,\mathrm{h} \doteq 7{,}1\,\mathrm{h}.$$

4 body

FO59EF1–4: Obvod s rezistory



Obr. 3: Překreslený obvod

a) Schéma obvodu můžeme překreslit podle obr. 3. Bude-li odpor R_x roven nule, bude vlastně odpor R_2 zkratován, a celkový odpor zapojení bude

$$R_0 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{100\,\Omega \cdot 300\,\Omega}{100\,\Omega + 300\,\Omega} = 75\,\Omega.$$

Ampérmetrem bude procházet proud

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{9{,}75\,\mathrm{V}}{75\,\Omega} = 130\,\mathrm{mA}.$$ **2 body**

Bude-li odpor R_x nekonečně velký (spojení se přerušilo), bude celkový odpor

$$R_\infty = \frac{R_1\,(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{100\,\Omega \cdot (200\,\Omega + 300\,\Omega)}{100\,\Omega + 200\,\Omega + 300\,\Omega} = 83{,}333\,\Omega \doteq 83{,}3\,\Omega.$$

Ampérmetrem bude procházet proud

$$I_\infty = \frac{U}{R_\infty} = \frac{9{,}75\,\mathrm{V}}{83{,}333\,\Omega} = 117\,\mathrm{mA}.$$ **3 body**

b) Nejprve určíme odpor mezi body A a C

$$R_{AC} = \frac{R_x R_2}{R_x + R_2} = \frac{140\,\Omega \cdot 200\,\Omega}{140\,\Omega + 200\,\Omega} \doteq 82{,}353\,\Omega,$$

potom ve větvi ACB

$$R_{ACB} = R_{AC} + R_3 \doteq 382{,}35\,\Omega.$$

Pro celkový odpor mezi body A a B dostáváme

$$R = \frac{R_1 R_{ACB}}{R_1 + R_{ACB}} = \frac{100\,\Omega \cdot 382{,}35\,\Omega}{100\,\Omega + 382{,}35\,\Omega} \doteq 79{,}268\,\Omega.$$

Ampérmetrem bude procházet proud

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9{,}75\,\mathrm{V}}{79{,}268\,\Omega} = 123\,\mathrm{mA}.$$ **5 bodů**

FO59EF1–5: Plavčík sleduje teplotu vody

a) Na každý m^2 dopadá záření o energii E_1, při hloubce brouzdaliště h_2 proto pro plochu $S = 1\,\mathrm{m}^2$ musí platit

$$E_1 = mc\Delta t_2 = \varrho h_2 S c \Delta t_2.$$

Odtud dostáváme

$$E_1 = \varrho h_2 S c \Delta t_2 = 1\,000\,\mathrm{kg/m^3} \cdot 0{,}40\,\mathrm{m} \cdot 1\,\mathrm{m^2} \cdot 4\,200\,\mathrm{J/(kg \cdot {}^\circ C)} \cdot 11\,^\circ\mathrm{C} = 18{,}48\,\mathrm{MJ} \doteq 18\,\mathrm{MJ}.$$

4 body

b) Na každý m^2 vody v bazénu dopadá stejná energie jako v brouzdališti, tedy

$$E_1 = \varrho S h_1 c \Delta t_1 = \varrho S h_2 c \Delta t_2.$$

Odtud vyjádříme

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \frac{h_2}{h_1} = 11\,^\circ\mathrm{C} \cdot \frac{0{,}40\,\mathrm{m}}{2{,}5\,\mathrm{m}} = 1{,}76\,^\circ\mathrm{C} \doteq 1{,}8\,^\circ\mathrm{C}.$$ **2 body**

c) Slunce dodává během jasného dne na každý m^2 zemského povrchu energii v průměru 950 J za sekundu, za 10 hodin to bude

$$E = 950\,\mathrm{J/s} \cdot 10 \cdot 3\,600\,\mathrm{s} = 34{,}2\,\mathrm{MJ}$$

na každý m^2. Z části a) však víme, že k ohřevu bude využita energie E_1 a odrazí se záření o energii $E - E_1$. Pro podíl odražené energie pak vychází

$$p = \frac{E - E_1}{E} = 1 - \frac{E_1}{E} = 1 - \frac{18{,}48\,\mathrm{MJ}}{34{,}2\,\mathrm{MJ}} = 0{,}459\,65 \doteq 46\,\%.$$ **4 body**

FO59EF1–6: Devět závaží

a) Pro sílu F_1 můžeme psát: $F_1 = 4F_{\mathrm{t}1} + mg$. Odtud získáme:

$$F_{\mathrm{t}1} = \frac{F_1 - mg}{4} = \frac{170\,\mathrm{N} - 1{,}0\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}8\,\mathrm{N/kg}}{4} = 40{,}05\,\mathrm{N} \doteq 40\,\mathrm{N}.$$ **2,5 bodu**

b) Pro sílu F_2 můžeme psát $F_2 = 12F_{\mathrm{t}2} + 9mg$. Odtud vychází:

$$F_{\mathrm{t}2} = \frac{F_2 - 9mg}{12} = \frac{750\,\mathrm{N} - 9 \cdot 1{,}0\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}8\,\mathrm{N/kg}}{12} = 55{,}15\,\mathrm{N} \doteq 55\,\mathrm{N}.$$ **2,5 bodu**

c) Na vytažení bočního závaží budeme potřebovat sílu

$$F_3 = 3F_{\mathrm{t}1} + F_{\mathrm{t}2} + mg = 3 \cdot 40{,}05\,\mathrm{N} + 55{,}15\,\mathrm{N} + 1{,}0\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}8\,\mathrm{N/kg} = 185{,}1\,\mathrm{N} \doteq 190\,\mathrm{N}.$$

2,5 bodu

Na vytažení rohového závaží budeme potřebovat sílu

$$F_4 = 2F_{\mathrm{t}1} + 2F_{\mathrm{t}2} + mg = 2 \cdot 40{,}05\,\mathrm{N} + 2 \cdot 55{,}15\,\mathrm{N} + 1{,}0\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}8\,\mathrm{N/kg} = 202{,}2\,\mathrm{N} \doteq 200\,\mathrm{N}.$$

2,5 bodu

FO59EF1–7: Vlak jede do kopce

a) Lokomotiva působí silou $F = 72\,\mathrm{kN} = 72\,000\,\mathrm{N}$ po dráze $s = 30\,\mathrm{km} = 30\,000\,\mathrm{m}$ po dobu $t = 45\,\mathrm{min} = 2\,700\,\mathrm{s}$, pro výkon lokomotivy pak vychází

$$P = \frac{Fs}{t_1} = \frac{72\,000\,\mathrm{N} \cdot 30\,000\,\mathrm{m}}{2\,700\,\mathrm{s}} = 800\,\mathrm{kW}.$$ **2 body**

b) Pokud lokomotiva o hmotnosti $m = 75\,\mathrm{t} = 75\,000\,\mathrm{kg}$ vytáhne n_1 vagónů o hmotnosti $m_1 = 50\,\mathrm{t} = 50\,000\,\mathrm{kg}$ do výšky $h = h_2 - h_1 = 840\,\mathrm{m} - 440\,\mathrm{m} = 400\,\mathrm{m}$, změní se polohová energie vlaku o

$$\Delta E_{\mathrm{p}} = (m + n_1 m_1)gh.$$

Lokomotiva přitom vykoná užitečnou práci $W = \eta F s$. Odtud získáváme

$$(m + n_1 m_1)gh = \eta F s, \qquad n_1 = \left(\frac{0{,}61 F s}{gh} - m\right)/m_1 =$$

$$= \left(\frac{0{,}61 \cdot 72\,000\,\mathrm{N} \cdot 30\,000\,\mathrm{m}}{9{,}8\,\mathrm{N/kg} \cdot 400\,\mathrm{m}} - 75\,000\,\mathrm{kg}\right)/50\,000\,\mathrm{kg} \doteq 5\ \text{vagónů}.$$

Za lokomotivou je zapojeno $n_1 = 5$ vagónů. **4 body**

c) Při nezměněném výkonu P vykoná za čas $t_2 = 38\,\mathrm{min} = 2\,280\,\mathrm{s}$ lokomotiva užitečnou práci $W_2 = \eta P t_2$. Podobně jako v předchozí části platí

$$(m + n_2 m_1)gh = \eta P t_2, \qquad n_2 = \left(\frac{0{,}61 P t_2}{gh} - m\right)/m_1 =$$

$$= \left(\frac{0{,}61 \cdot 800\,000\,\mathrm{W} \cdot 2\,280\,\mathrm{s}}{9{,}8\,\mathrm{N/kg} \cdot 400\,\mathrm{m}} - 75\,000\,\mathrm{kg}\right)/50\,000\,\mathrm{kg} \doteq 4\ \text{vagóny}.$$

Za lokomotivou mohou být zapojeny 4 vagóny. **4 body**

FO59EF1–8: Na plný plyn

a) Užitečná energie získaná spálením 1 l benzínu vychází

$$E_{\text{už}} = \eta Q_1 = 0{,}16 \cdot 38\,\text{MJ} = 6{,}08\,\text{MJ} \doteq 6{,}1\,\text{MJ}.$$ **1 bod**

b) Pro okamžitý výkon automobilu platí $P = Fv$. Pro sílu, kterou musí vyvinout motor automobilu při zadaných výkonech a rychlostech $v_1 = 160\,\text{km/h} \doteq 44{,}444\,\text{m/s}$, $v_2 = 100\,\text{km/h} \doteq 27{,}777\,\text{m/s}$ pak dostáváme:

$$F_1 = \frac{P_1}{v_1} = \frac{52\,000\,\text{W}}{44{,}444\,\text{m/s}} = 1\,170\,\text{N} \doteq 1{,}2\,\text{kN},$$

$$F_2 = \frac{P_2}{v_2} = \frac{12\,000\,\text{W}}{27{,}777\,\text{m/s}} = 432\,\text{N} \doteq 430\,\text{N}.$$ **3 body**

Na dráze $s = 100\,\text{km}$ vykoná motor práci $W = Fs$, pro uvažované dva případy vychází:

$$W_1 = F_1 s = 1\,170\,\text{N} \cdot 100\,000\,\text{m} = 117\,\text{MJ} \doteq 120\,\text{MJ},$$

$$W_2 = F_2 s = 432\,\text{N} \cdot 100\,000\,\text{m} = 43{,}2\,\text{MJ} \doteq 43\,\text{MJ}.$$ **3 body**

Spotřeba benzínu bude na ujetí této vzdálenosti pak bude

$$V_1 = \frac{W_1}{E_{\text{už}}} = \frac{117\,\text{MJ}}{6{,}08\,\text{MJ}} \doteq 19{,}243\,\text{l} \doteq 19\,\text{l},$$

$$V_2 = \frac{W_2}{E_{\text{už}}} = \frac{43\,\text{MJ}}{6{,}08\,\text{MJ}} \doteq 7{,}072\,4\,\text{l} \doteq 7{,}1\,\text{l}.$$ **3 body**

FO59EF1–9: Ponorný vařič

a) Pro teplo potřebné na ohřátí vody o hmotnosti m z teploty t_1 na teplotu t_2 platí $Q = mc\,(t_2 - t_1)$, kde c je měrná tepelná kapacita vody. Teplo dodané vařičem určíme pomocí výkonu vařiče P a doby ohřevu τ pomocí vztahu $W = P\tau$. Porovnáním získáme

$$mc\,(t_2 - t_1) = P\tau$$

a vyjádříme

$$\tau = \frac{mc\,(t_2 - t_1)}{P} = \frac{2\,\text{kg} \cdot 4\,200\,\text{J/(kg} \cdot {}^\circ\text{C)} \cdot (100\,{}^\circ\text{C} - 20\,{}^\circ\text{C})}{1\,000\,\text{W}} = 672\,\text{s} = 11\,\text{min}\ 12\,\text{s}.$$

Voda by se ohřála za 11 min a 12 s. **3 body**

b) Pro dobu τ_1 platí

$$\tau_1 = \frac{\tau}{2} + \tau_2,$$ **1 bod**

kde τ_2 je doba, po kterou se voda ohřívá při sníženém napětí U_1, tedy při sníženém výkonu P_1. Pro příkon vařiče s odporem spirály R platí $P = U^2/R$. Podobně pro snížený příkon P_1 lze psát

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R} = \frac{U^2}{4R} = \frac{P}{4}.$$ **2 body**

Pro dobu τ_2 pak postupně dostáváme

$$mc\,(t_2 - t_3) = P_1\tau_2 = \frac{P}{4}\tau_2$$

$$\tau_2 = \frac{4mc\,(t_2 - t_3)}{P} = \frac{4 \cdot 2\,\mathrm{kg} \cdot 4\,200\,\mathrm{J/(kg \cdot {}^\circ C)} \cdot (100\,^\circ\mathrm{C} - 60\,^\circ\mathrm{C})}{1\,000\,\mathrm{W}} = 1\,344\,\mathrm{s}.$$

Pro dobu τ_1 získáváme

$$\tau_1 = \frac{\tau}{2} + \tau_2 = \frac{672\,\mathrm{s}}{2} + 1\,344\,\mathrm{s} = 1\,680\,\mathrm{s}.$$ **3 body**

c) Pro číselné hodnoty vychází poměr

$$\frac{\tau_1}{\tau} = \frac{1\,680\,\mathrm{s}}{672\,\mathrm{s}} = \frac{5}{2} = 2{,}50.$$ **1 bod**

FO59EF1–10: Zvedání krychle kladkostrojem

a) Na krychli ve vodě působí síla tíhová F_G a síla vztlaková F_vz. Na zvedání krychle je díky použití kladkostroje zapotřebí síly

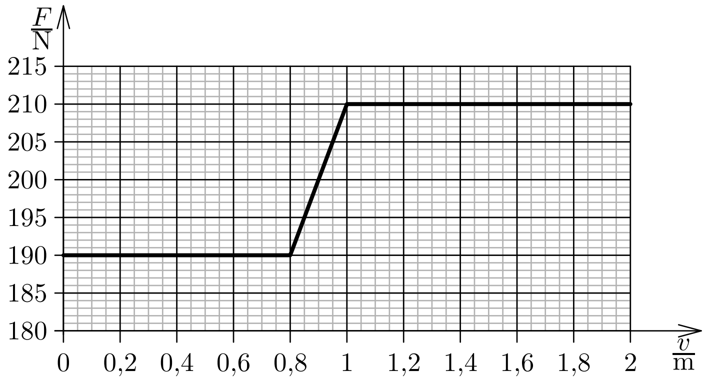
$$F_1 = \frac{F_\mathrm{G} - F_\mathrm{vz}}{4} + F_\mathrm{t} = \frac{a^3\varrho g - a^3\varrho_\mathrm{v} g}{4} + F_\mathrm{t} = a^3 g\frac{\varrho - \varrho_\mathrm{v}}{4} + F_\mathrm{t} =$$
$$= (0{,}2\,\mathrm{m})^3 \cdot 9{,}8\,\mathrm{N/kg} \cdot \frac{7\,800\,\mathrm{kg/m^3} - 1\,000\,\mathrm{kg/m^3}}{4} + 55\,\mathrm{N} = 188{,}28\,\mathrm{N} \doteq 190\,\mathrm{N}.$$

4 body

b) Na krychli vyzvednutou z vody působí pouze tíhová síla F_G, na její zvedání je při použití kladkostroje zapotřebí síly

$$F_2 = \frac{F_\mathrm{G}}{4} + F_\mathrm{t} = \frac{a^3\varrho g}{4} + F_\mathrm{t} =$$
$$= \frac{(0{,}2\,\mathrm{m})^3 \cdot 9{,}8\,\mathrm{N/kg} \cdot 7\,800\,\mathrm{kg/m^3}}{4} + 55\,\mathrm{N} = 207{,}88\,\mathrm{N} \doteq 210\,\mathrm{N}.$$ **3 body**

c) Až do výšky $v_1 = (h - a) = 1\,\mathrm{m} - 0{,}2\,\mathrm{m} = 0{,}8\,\mathrm{m}$ bude na zvedání tělesa potřeba síla $F_1 = 190\,\mathrm{N}$, v intervalu od $v_1 = 0{,}8\,\mathrm{m}$ do $v_2 = h = 1\,\mathrm{m}$ poroste síla lineárně na hodnotu $F_2 = 210\,\mathrm{N}$; pak až do konečné výšky $v_3 = 2h = 2 \cdot 1\,\mathrm{m} = 2\,\mathrm{m}$ bude síla mít stálou hodnotu $F_2 = 210\,\mathrm{N}$. Graf je na obr. 4. **3 body**



Obr. 4: Závislost síly F na výšce v spodní stěny krychle nade dnem při zvedání ponořené krychle kladkostrojem

FO59EF1–11: Experimentální úloha
Zvedání potopené láhve

a) Pokus provedeme podle obrázku v zadání, případně přizpůsobíme dostupným pomůckám. Objem vzduchové bubliny zjistíme tak, že zvážíme láhev s vodou a vzduchovou bublinou, potom do láhve dolijeme vodu po okraj a zvážíme láhev plnou vody. Z rozdílu hmotností a hustoty vody určíme hledaný objem.

b) Láhev může vyplavat k hladině, pokud bude hydrostatická vztlaková síla, která na ni ve vodě působí, větší, než tíhová síla působící na láhev částečně naplněnou vodou, $F_{\mathrm{vz}} > F_{\mathrm{G}}$. Pro láhev, pro kterou sklo o hustotě ϱ_{s} má objem V_{s} (nejde o vnitřní objem, v němž je voda nebo vzduch, ale pouze objem vyplněný sklem), vychází hmotnost prázdné láhve $m_{\mathrm{s}} = \varrho_{\mathrm{s}} V_{\mathrm{s}}$. Označme hmotnost vody, která zůstala v láhvi, m_{v} a vnitřní objem láhve V_0. Z rovnosti vztlakové a tíhové síly působících na ponořenou láhev $F_{\mathrm{vz}} = F_{\mathrm{G}}$ dostáváme

$$\varrho_{\mathrm{v}} g \left(V_0 + V_{\mathrm{s}}\right) = \left(m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{v}}\right) g,$$

kde $\varrho_{\mathrm{v}} = 1\,000\,\mathrm{kg/m^3}$ je hustota vody. Odtud pro hmotnost vody, která zůstala v láhvi, získáme

$$m_{\mathrm{v}} = \left(V_0 + V_{\mathrm{s}}\right) \varrho_{\mathrm{v}} - m_{\mathrm{s}} = \left(V_0 + \frac{m_{\mathrm{s}}}{\varrho_{\mathrm{s}}}\right) \varrho_{\mathrm{v}} - m_{\mathrm{s}}.$$

Po dosazení naměřených hodnot a hodnot z tabulek, např. pro vnitřní objem láhve $V_0 = 1\,\mathrm{l} = 0{,}001\,\mathrm{m^3}$, hmotnost prázdné láhve $m_{\mathrm{s}} = 0{,}6\,\mathrm{kg}$, hustotu skla $\varrho_{\mathrm{s}} \doteq 2\,500\,\mathrm{kg/m^3}$ a hustotu vody $\varrho_{\mathrm{v}} = 1\,000\,\mathrm{kg/m^3}$ vychází $m_{\mathrm{v}} \doteq 0{,}64\,\mathrm{kg}$. Tato voda zaujímá objem přibližně 0,64 l, na vzduchovou bublinu pak připadá objem asi 0,36 l.

c) V praxi se často používají k vyzvednutí potopených předmětů kovové barely, no nichž se načerpá vzduch. Při vyzvedávání se tak využívá hydrostatické vztlakové síly působící na tyto barely.

FO59EF1–12: Experimentální úloha
Měření délky pomocí provázku a pravítka

Výsledky měření jména a obvodu listů se budou samozřejmě individuálně lišit. Při měření obvodu plochy s nepravidelným obrysem je vhodné plochu (list, mapu Afriky) překreslit na papír a napíchat po obvodu špendlíky a teprve kolem nich vést nit. Čím budou špendlíky blíže k sobě, zejména v místech, kde se směr obrysové křivky prudce mění, tím bude měření přesnější. Pro obvod kontinentální Afriky se nejčastěji uvádí hodnota 26 000 km, doporučujeme uznávat hodnoty v rozmezí $\pm 4\,000\,\mathrm{km}$ okolo této hodnoty.