Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 38. ročníku FO kategorie C

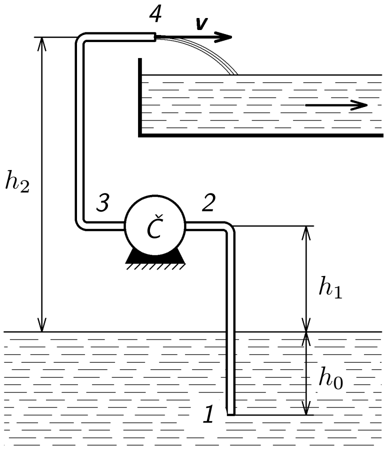
1. Čerpadlo čerpá vodu z řeky potrubím stálého průřezu o plošném obsahu S do koryta zavlažovací soustavy (obr. 1). Objemový průtok vody má stálou hodnotu Q_V. Sací otvor *1* potrubí je ve hloubce h_0 pod hladinou řeky. Vstupní otvor *2* a výstupní otvor *3* čerpadla jsou ve stejné výšce h_1 nad hladinou řeky. Výtokový otvor *4* potrubí je ve výši h_2 nad hladinou řeky. Okolní vzduch má atmosférický tlak p_a.

a) Určete rychlost v proudící vody v potrubí.

b) Jaký tlak by měla voda
v sacím otvoru,
ve vstupním otvoru čerpadla,
ve výstupním otvoru čerpadla
a ve výtokovém otvoru potrubí,
kdyby se chovala jako ideální kapalina?
Návod: Použijte „úplnou“ Bernoulliovu rovnici pro ideální kapaliny:

$$p + \frac{1}{2}\varrho v^2 + \varrho g h = konst\,.$$

Obr. 1



c) S jakým výkonem by v takovém případě čerpadlo pracovalo?

d) Určete výkon P' a účinnost η čerpací jednotky, jestliže ve skutečnosti musí být mezi vstupním a výstupním otvorem čerpadla udržován tlakový rozdíl p_r (větší, než jaký vychází z výpočtu pro ideální kapalinu).

e) Do jaké největší výšky $h_{1\max}$ bychom mohli při daných hodnotách Q_V a S čerpadlo umístit, kdyby se voda chovala jako ideální kapalina?

Řešte obecně, pak pro hodnoty: $Q_V = 3{,}6\ \mathrm{l\cdot s^{-1}}$, $S = 5{,}0\ \mathrm{cm^2}$,
$g = 9{,}8\ \mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$, $\varrho = 1000\ \mathrm{kg{\cdot}m^{-3}}$, $h_0 = 0{,}6$ m, $h_1 = 1{,}5$ m, $h_2 = 6,2$ m,
$p_\mathrm{a} = 1{,}0\cdot 10^5$ Pa, $p_\mathrm{r} = 120$ kPa.

2. Na obrázku v příloze jsou grafy závislostí výchylky, rychlosti a zrychlení harmonického pohybu na čase. Na vodorovné ose jsou vyneseny číselné hodnoty času v sekundách, na svislé ose pak číselné hodnoty okamžité výchylky v metrech. Určete:

a) periodu, frekvenci a úhlovou frekvenci,
b) amplitudu výchylky a počáteční fázi výchylky,
c) amplitudu rychlosti,
d) amplitudu zrychlení,

Napište rovnici pro:

e) okamžitou výchylku,
f) okamžitou rychlost,
g) okamžité zrychlení tohoto harmonického pohybu.

h) Na pomocné svislé ose v pravé části obrázku doplňte měřítka a jednotky rychlosti a zrychlení.

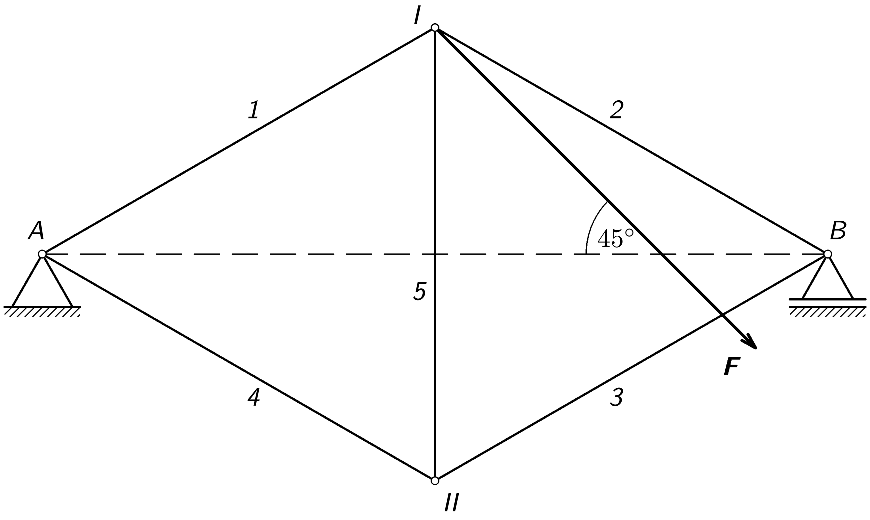
3. Vzduch o hmotnosti m má tlak p_1 a teplotu T_1. Tlak vzduchu klesne na hodnotu p_2 dějem: 1. izochorickým, 2. izotermickým, 3. adiabatickým.

a) Určete stavové veličiny na konci každého děje.
b) Znázorněte děje v p, V diagramu.
c) Určete změnu vnitřní energie a vykonanou práci při ději izochorickém a adiabatickém.
d) Určete změnu vnitřní energie při ději izotermickém.
e) Podle diagramu rozhodněte, při kterém z dějů vykoná plyn největší práci.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $m = 1{,}00$ kg, $p_1 = 10{,}0 \cdot 10^5$ Pa,
$T_1 = 500$ K, $p_2 = 1{,}00 \cdot 10^5$ Pa, $\varkappa = 1{,}40$, $c_p = 1{,}0005\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$,
$M_\mathrm{m} = 29{,}0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg \cdot mol^{-1}}$.

4. Na prutovou soustavu ve tvaru dvou rovnostranných trojúhelníků podle obr. 2 působí ve styčníku *I* síla o velikosti $F = 6000$ N, jejíž nositelka má vzhledem k přímce procházející styčníky *A*, *B* sklon 45°. Délka každého z prutů je 600 mm. Grafickým postupem určete:

a) Velikost a kartézské souřadnice reakcí $\boldsymbol{R}_A$ a $\boldsymbol{R}_B$ v podporách *A*, *B*.
b) Velikost sil v prutech *1*, *2*, *3*, *4*, *5*.
c) Které z prutů jsou namáhány na tlak a které na tah.



Obr. 2

Příloha

Po doplnění se odevzdává jako součást řešení druhé úlohy.