

## Úloha I.4 ... Temelín

7 bodů; průměr 6,02; řešilo 60 studentů

Každá ze čtyř chladicích věží v jaderné elektrárně Temelín vyprodukuje 3 000 kg vodní páry za sekundu, která je díky komínovému efektu vyfukována vysoko do atmosféry. Víme, že průměr vrchní části chladicích věží je 80 m. Spočtěte:

- jaký objem vodní páry vyprodukuje jedna věž za sekundu,
- jakou rychlostí je tato vodní pára vyfukována.

Hodí se vám znalost molární hmotnosti vody, která je  $18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  a dále objem 1 molu vodní páry za běžných podmínek, který činí  $22,4 \ell$ .

Víme, že z temelínské věže je každou sekundu vyfouknuto 3 000 kg vodní páry. Ze zadání víme, že jeden mol vodní páry váží 18 g. Hmotnost jednoho molu plynu se nazývá molární hmotnost, značí se písmenem  $M$  a má jednotku  $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Použitím obvyčejné trojčlenky zjistíme, že  $n = m/M$ , kde  $n$  značí počet molů (tzv. látkové množství),  $m$  značí hmotnost vodní páry a  $M$  značí molární hmotnost vodní páry. Nyní již tedy víme, kolik molů vodní páry je vyprodukováno za jednu vteřinu.

V zadání máme též informaci, že objem jednoho molu vodní páry za běžných podmínek je  $22,4 \ell$ . Odborně řečeno, *molární objem* vodní páry je  $V_M = 22,4 \ell\cdot\text{mol}^{-1}$ . Opět tedy s použitím trojčlenky vypočítáme celkový objem vodní páry jako  $V = nV_M$ .

Pokud do poslední rovnice dosadíme za  $n$  z předchozí, dostáváme výsledný vztah pro objem páry. Při dosazování si musíme dát pozor, aby nám vyšly správně jednotky. Nejlepší bude dosadit v základních jednotkách.

$$V = \frac{m}{M} V_M = \frac{3\,000 \text{ kg}}{0,018 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}} \cdot 0,0224 \text{ m}^3\cdot\text{mol}^{-1} \doteq 3\,730 \text{ m}^3.$$

Temelínská chladicí věž vyprodukuje tedy za jednu vteřinu vodní páru o objemu  $3\,730 \text{ m}^3$ .

Ve druhé části úlohy si musíme uvědomit, že má-li pára rychlost  $v$ , urazí za čas  $t$  dráhu  $s = vt$ . Pokud proudí skrz plochu  $S$ , tak tato plocha krát dráha, kterou pára urazí, nám dá objem. Platí tedy

$$V = Svt.$$

Tento objem musí být stejný jako objem vyprodukované páry vypočtené v první části, protože pára se vevnitř komínu nezhušťuje, nerozpíná se, nikam nemizí a zároveň musí opustit chladicí věž, neboť v další sekundě se vyprodukuje dalších 3 000 kg vodní páry.

Z posledního vztahu si vyjádříme  $v$  a za  $S$  dosadíme vzoreček pro obsah kruhu ( $d$  značí průměr chladicí věže)

$$S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Dostáváme tak

$$v = \frac{V}{St} = \frac{4V}{\pi d^2 t} = \frac{4 \cdot 3\,730 \text{ m}^3}{\pi \cdot (80 \text{ m})^2 \cdot 1 \text{ s}} \doteq 0,74 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

Rychlost vyfukované vodní páry z chladicí věže je  $v \doteq 0,74 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tento výsledek je však pouze přibližný, neboť ve skutečnosti se jedná o mnohem složitější děj, dochází ke změnám molárního objemu (v důsledku změn teploty páry), vodní pára je stlačována apod., avšak přesně spočítat něco takového by bylo příliš obtížné.

*Poznámky k došlým řešením*

Nejčastější chybou, která se vyskytovala ve vašich řešeních, bylo spočtení rychlosti vyfukované páry v druhé části příkladu. Skoro všichni jste správně spočetli objem páry, která je vyfouknuta za jednu vteřinu z každé chladicí věže temelínské elektrárny ( $V = 3\,730\text{ m}^3$ ). Stejně tak jste většinou dobře spočetli plochu ústí věže ( $S = 5\,026\text{ m}^2$ ), avšak pár z vás si popletlo poloměr a průměr, na to vždy pozor! Pak jste si správně uvědomili, že když je daný objem páry vyfouknut danou plochou za jednu vteřinu, tak za tento čas urazí dráhu, která je rovna výšce tohoto válce. Avšak velká část z vás napsala  $v = V/S$ . Toto není dobře, protože jednotky objemu jsou  $\text{m}^3$ , jednotky plochy jsou  $\text{m}^2$ . Jejich podělením tedy dostaneme pouze výšku válce  $h$  v metrech, nikoliv samotnou rychlost. Abychom dostali rychlost, musíme tuto dráhu podělit časem  $t$ , za nějž ji pára urazí. Proto  $v = h/t = V/St$ . Celkově jste si s úlohou poradili velmi dobře a žádné zásadní chyby se většinou nevyskytovaly.

*Jakub Sláma*

kubas@vyfuk.mff.cuni.cz

---

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.