

Vzorové řešení úlohy č. 2 (2. série)

Obrázek:

a) Porovnejme atmosférický tlak vzduchu a hydrostatický tlak sloupce vody v převrácené sklenici působící na úrovni hladiny okolní vody (viz obrázek). Protože atmosférický tlak je za běžných podmínek a rozměrů sklenice vyšší než hydrostatický, voda nevyteče.

b) K řešení potřebujeme znát atmosférický tlak b a veličiny určující tlak hydrostatický, tzn. vzdálenosti h_A , $h_B = 0$, h_C a h_D bodů A , B , C a D od hladiny vody, hustotu vody ρ a tíhové zrychlení $\vec{g}$. Hustotu vody, tíhové zrychlení a normální atmosférický tlak můžeme nalézt v tabulkách, vzdálenosti je třeba změřit.

Hydrostatický tlak je obecně dán vztahem

$$p = h\rho g.$$

Atmosférický tlak b (na úrovni hladiny vně nádoby) je roven tlaku na úrovni hladiny uvnitř nádoby, tj. součtu tlaku p_A v bodě A a hydrostatického tlaku sloupce vody mezi bodem A a hladinou, tj. $b = p_A + h_A\rho g$. Odtud plyne

$$p_A = b - h_A\rho g,$$

tedy v bodě A je vzhledem k atmosférickému tlaku podtlak. Dále zřejmě platí

$$p_B = b, \quad p_C = b + h_C\rho g \quad \text{a} \quad p_D = b + h_D\rho g.$$

c) Tlak musí být nezáporný, tj. $p_A \geq 0$, a tedy

$$h_A \leq \frac{b}{\rho g}.$$

Pro přibližné hodnoty $b \doteq 10^5 \text{ Pa}$, $\rho \doteq 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ a $g \doteq 10 \text{ m s}^{-2}$ dostáváme $h \leq 10 \text{ m}$. Tedy "sklenice" se nenaplní, je-li její dno více než 10 m nad hladinou vody.

d) Z měřicích přístrojů sem patří kapalinové tlakoměry, např. rtuťový barometr, z technických zařízení čerpadla (pumpy). S jevem se setkáme i při stáčení kapalin z výše do níže položené nádoby, např. při stáčení vína do lahví.

Poznámka k atmosférickému tlaku

V tabulkách nalezneme tzv. normální atmosférický tlak $101,325 \text{ kPa}$, ve Vašich středoškolských tabulkách se uvádí také hodnota 100 kPa . Skutečný atmosférický tlak se mění v závislosti na mnoha faktorech, z nichž velmi podstatná je nadmořská výška. Pro úroveň hladiny moře se v literatuře udává rozsah $87,7$ až $108,4 \text{ kPa}$, tedy relativní odchylka od normálního tlaku přesahuje 13% . S rostoucí nadmořskou výškou atmosférický tlak klesá – u mořské hladiny o 1 kPa na 80 m , v nadmořské výšce $6\,000 \text{ m}$ o 1 kPa na 200 m výškového rozdílu. Proto se v mnoha případech nemůžeme spokojit s tabulkovou hodnotou a atmosférický tlak je třeba změřit.

Komentář k Vaším řešením

Časté chyby

Někteří z Vás zapomínají na rozdílnost pojmů tlak (skalár, nezávisí na velikosti plochy) a tlaková síla (vektor, jeho velikost je součin tlaku a plochy).

ad a) Mnohá vysvětlení připomínala historický předtorricelliiovský názor: "Příroda má strach z prázdnoty." Jako doplněk výkladu je to v pořádku, ale základ vysvětlení musí vycházet z přítomnosti atmosférického tlaku.

ad b) Někteří z Vás neuvažovali atmosférický tlak ve výpočtech. Pak je ovšem třeba mluvit o přetlaku a podtlaku (vůči atmosférickému tlaku). Nejvíce chyb bylo ve vztahu $p_A = b - h_A \rho g$, kde se mnozí bránili zápornému znaménku. Další chybou byly formálně správné vztahy, ale výška sloupce vody byla měřena ne od hladiny, ale dna nádoby. Zde ovšem není atmosférický tlak!

ad c) Zde někdy odpověď chyběla. Někdo vyřešil c) v rámci a), což je jen formální přesun.

ad d) Většina Vašich náčrtů pump postrádala jakékoli záklopy, takže nebyly funkční. Vhodným příkladem nejsou hydraulická zařízení, neboť pracují výhradně s přetlakem (podtlak by mohl způsobit vznik vzduchových bublin v oleji a tím nespolehlivost).

Vaše postřehy

Ouško v náčrtu bylo zřejmě důvodem, že jste téměř bez výjimky nemluvili o sklenici (viz zadání), ale o hrnečku. Správně jste uvažovali o jeho vzduchotěsnosti.

Mnozí správně zdůraznili, že voda se saponátem může mít vlastnosti poněkud odlišné od tabulkových hodnot destilované vody.

Úvahy o tenzi par nad kapalinou ve sklenici svědčí o tom, že mnozí z Vás se zamýšleli nad problémem důkladněji.

Příklady použití typu "stáčení vína", "koštýř" atd. svědčí o převaze jihomoravských řešitelů. Další vhodné příklady: odběr krve stříkačkou, některé druhy splachovadel.