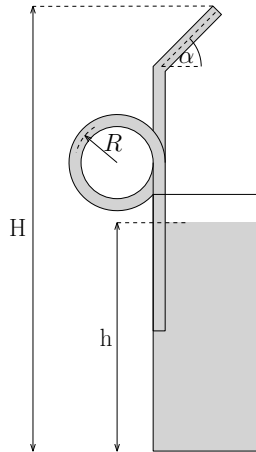


Úloha V.1 ... Brčko

5 bodů; (chybí statistiky)

Výfuček popíjel Kofolu a nudil se. Z nudy tohoto sezení začal zkoumat brčko, kterým limonádu pil. Nejdříve si všiml, že je brčko obzvlášť ohebné, a tak jej zkroutil do zvláštního tvaru. Následně se zamyslel, jaký minimální podtlak musí v ústech vytvořit, aby udržel brčko celé naplněné jako na obrázku 1, aniž by limonády upíjel. Spočítejte to také; uvažujte, že $H = 25$ cm, $h = 12$ cm, $R = 1,5$ cm, $\alpha = 45^\circ$, celková délka brčka je $l = 25$ cm.



Obrázek 1: Nákres brčka

Nejdříve si musíme uvědomit, co vyjadřuje fyzikální veličina podstatná pro tuto úlohu – tlak. Na každý objekt na Zemi působí tíha sloupce vzduchu, který se nad ním nachází. Působící síla F závisí na výšce a šířce vzduchového sloupce, čili na nadmořské výšce daného tělesa a na jeho ploše S rovnoběžné se zemí. Na jednotku plochy v téže nadmořské výšce tedy působí stejná síla. Říkáme, že na tělesa působí stejný atmosférický tlak¹ byl stanoven na

$$p_a = \frac{F_G}{S} = 101\,325 \text{ Pa}.$$

Pokud má v nějakém místě plyn nižší tlak než atmosférický, hovoříme o podtlaku. Podtlak se rovná rozdílu atmosférického tlaku a působícího nižšího tlaku. Vzniká například ve vysavači při vysávání, pod přísavkami, když je někam připevňujeme, vytváříme jej v plicích, abychom se nadechli a v ústech, když pijeme brčkem. V každé z uvedených aplikací se využívá toho, že vyšší atmosférický tlak tlačí okolní vzduch do oblasti s nižším tlakem. Na stěny udržující podtlak tak působí nenulová výsledná síla daná právě rozdílem tlaků.

Tlak mohou způsobovat také pevné látky a kapaliny, přičemž v případě kapalin mluvíme o hydrostatickém tlaku. Jeho velikost v obecné situaci vypočítáme jako

$$p_h = h\rho g, \quad (1)$$

¹Jedná se o průměrnou hodnotu tlaku vzduchu u mořské hladiny (v nulové nadmořské výšce) na 45° severní šířky při teplotě 15°C a tíhovém zrychlení $g = 9,806\,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

kde h je výška kapalinového sloupce nad daným tělesem, ρ je hustota kapaliny a $g \doteq 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ je tíhové zrychlení na povrchu Země.

Při řešení úlohy využijeme obou zmíněných typů tlaku – atmosférického i hydrostatického. Na limonádu působí vzduch tlakem o velikosti přibližně $p_a = 100 \text{ kPa}$. Výfuček zprvu upíjí limonádu, následně pít přestane a v ústech vytvoří právě takový tlak, že brčko zůstane naplněné. Protože hladina limonády ve sklenici nijak nekolísá, musí platit, že tlak působící na hladinu limonády je stejný jako tlak uvnitř brčka na úrovni hladiny. Jak jsme již zmínili, vně brčka působí atmosférický tlak p_a . Uvnitř působí snížený tlak vzduchu p_s a hydrostatický tlak zapříčiněný tíhou kapaliny nad hladinou v brčku p_h . Dostaneme tedy rovnici

$$p_a = p_s + p_h,$$

z níž vyjádříme velikost podtlaku, který musí Výfuček v ústech vytvořit

$$p_a - p_s = p_h.$$

Podtlak $p_a - p_s$ tedy odpovídá hydrostatickému tlaku od sloupce limonády v brčku (nacházejícího se nad hladinou limonády ve sklenici).

Nyní si stačí správně rozmyslet, pomocí kterých uvedených parametrů brčka spočítáme právě hydrostatický tlak p_h . Výška sloupce limonády nad hladinou je $H - h$ a její hustota se přibližně rovná hustotě vody $\rho_v \doteq 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dosazením do vztahu (1) pro výpočet hydrostatického tlaku dostaneme výsledek

$$p_h = (H - h)\rho_v g = (0,25 \text{ m} - 0,12 \text{ m}) \cdot 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \cdot 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \doteq 1\,300 \text{ Pa}.$$

Zjistili jsme, že vytvořený podtlak na tvaru brčka vůbec nezávisí, je dán pouze rozdílem výšky hladiny limonády v brčku a ve sklenici. Výfuček musí v ústech vytvořit podtlak o velikosti přibližně $1\,300 \text{ Pa}$.

Michaela Urbanová

michaela.urbanova@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

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