

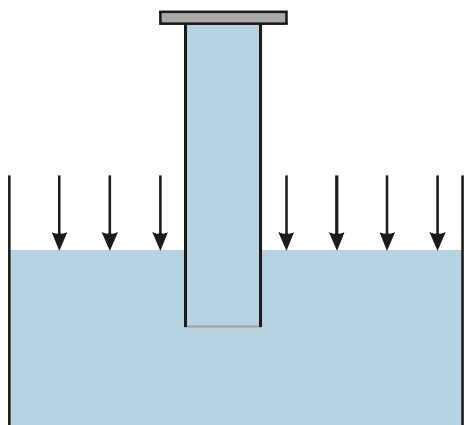
3.3.1 Tlak vzduchu

Předpoklady: 010508

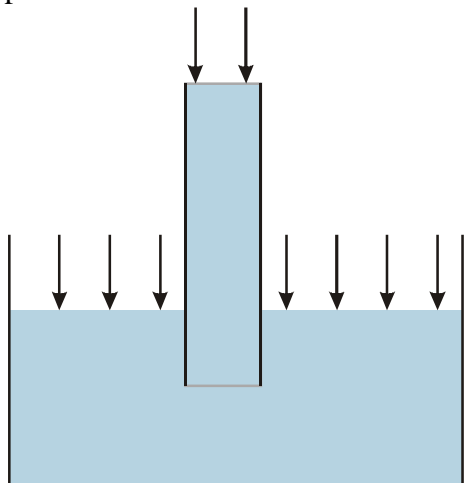
Pomůcky: Trychtýř, balónek, gumička pevná, plechovka od limonády, akvárium, kahan, kanistr, skleněný válec, odměrný válec s rovným vrchem, kus papíru, sklenička, stříkačky, vývěva, přísavka

Pedagogická poznámka: V první pokusové části hodiny je nutné postupovat co nejrychleji, aby zbyl dostatek času (minimálně 20 minut) na druhou počítací část.

Př. 1: Do skleněné trubice napustíme vodu, její dno zakryjeme rukou (nebo přilnavou destičkou). Trubicí rychle překlopíme do akvária s vodou. Vysvětli obrázkem v sešitu, proč voda z trubice nevyteče do akvária. Proč voda z trubice rychle vyteče, jakmile přestaneme držet horní konec zakrytý?



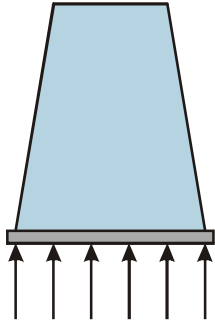
Skleněná trubice i akvárium s vodou jsou ponořeny ve vzduchu, který podobně jako voda tlačí na všechno kolem sebe. Skleněná trubice je pevná, její horní konec zakrytý \Rightarrow vzduch tlačí pouze na hladinu vody v akváriu a tlačí ji do trubice \Rightarrow voda by mohla vytéct pouze, kdyby působila větším tlakem než vzduch.



Jakmile horní konec trubice pustíme, vzduch začne tlačit na vodu směrem dolů a vyrovná působení vzduchu na vodní hladinu. Vodu už nic nadržuje v trubici a voda vyteče.

Př. 2: Vysvětli obrázkem v sešitu, proč nevyteče voda ze skleničky obrácené vzhůru nohama. Jakou roli hraje papír? Proč by voda vytekla kdyby sklenička nebyla přikryta papírem?

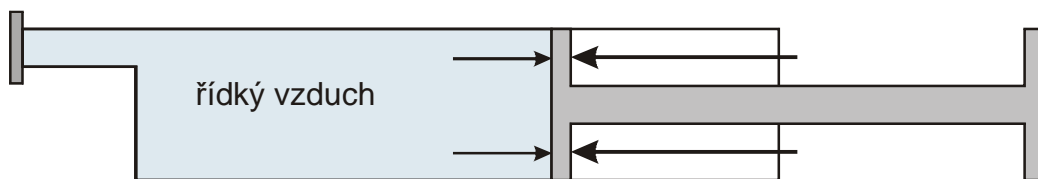
Stejný příklad jako předchozí. Okolní vzduch tlačí na sklenici (která je pevná a nepřenesení tlak na vodu uvnitř) i na papír (směrem vzhůru). Tlak vzduchu tedy tlačí papír nahoru a zabraňuje vodě vytéct ven.



Když papír vytáhneme, hladina vody nezůstane rovná, udělá se v ní prohlubeň. Nad prohlubně je menší sloupec vody a tedy i menší tlak vody \Rightarrow prohlubeň se dále prohlubuje \Rightarrow do sklenice postupně proniká vzduch a voda vytéká ven (v místech, kde byla hladina prohnutá obráceně a tlak vody byl větší).

Papír udržuje rovnou hladinu vody (zabraňuje vzniku prohlubní, které by se zvětšovaly).

Př. 3: Ucpi jedním prstem ústí stříkačky a druhou rukou se snaž vytáhnout píst? Která síla píst vrací zpátky? Nakresli obrázek.

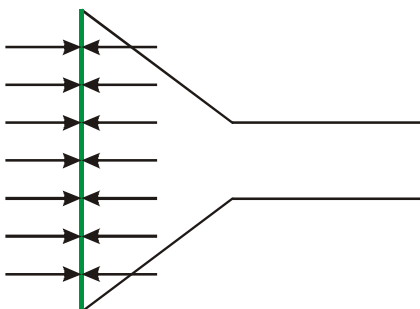


Na stříkačku působí tlak okolního vzduchu. Zvenku působí na píst okolní vzduch (normálním tlakem), zevnitř je velmi řídký zbyteček vzduchu ve stříkačce (malým tlakem) \Rightarrow síla okolního vzduchu je větší a způsobí navrácení pístu zpět.

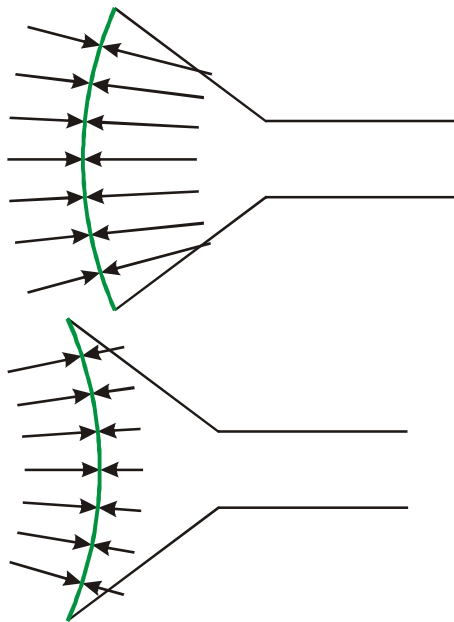
Př. 4: Nakresli z boku trychtýř s připevněným balónek celkem třikrát:

- normálně
- když do trychtýře foukáme
- když z trychtýře pusou vzduch „vysáváme“.

Do všech obrázků nakresli síly, které na blánu z balónku působí a vysvětli její chování. Ve kterém obrázku je zachycen přetlak v trychtýři? Který znázorňuje podtlak v trychtýři?



Na blánu z balónku působí z obou stran stejně velký tlak vzduchu \Rightarrow blána je rovná.



Na blánu z balónku působí zevnitř větší tlak přifouklého vzduchu \Rightarrow blána se vypoulí ven z trychtýře.

Na blánu z balónku působí zevnitř menší tlak (část vzduchu jsme odsáli) \Rightarrow blána se vypoulí dovnitř do trychtýře.

Druhý obrázek zachycuje přetlak v trychtýři, třetí obrázek podtlak.

Př. 5: Popiš průběh pokusu s plechovkou od limonády. Která síla na plechovku ve vodě působila? Proč jsme nejdříve v plechovce vařili vodu? Půjde pokus zopakovat i s kanystrem?

Do plechovky jsme nalili trochu vody, pak jsme plechovku s vodou zahřívali nad kahanem, dokud voda chvíli nevařila. Přímou od kahanu jsme plechovku hodili otvorem do studené vody. Plechovka se s rachotem rozmačkala.

Tlak vody není dostatečně silný, aby v hloubce několika cm rozmačkal plechovku \Rightarrow zbývá jedine tlak okolního vzduchu, ale ten by mohl plechovku rozmačkat pouze v případě, že by uvnitř nebyl žádný (nebo ho bylo jen velice málo) tlak vzduchu.

Vysvětlení pokusu:

V plechovce vaříme vodu \Rightarrow vzniká vodní pára, která z plechovky vytlačuje normální vzduch.

Plechovku vhazujeme do vody \Rightarrow stěny plechovky se rychle ochlazují \Rightarrow pára uvnitř kondenzuje na vodu \Rightarrow uvnitř plechovky je jen velmi málo vzduchu, který by vyrovnával tlak okolního vzduchu \Rightarrow okolní vzduch plechovku rozdrtí.

S kanystrem pokus můžeme zopakovat, pokud v něm vyvaříme vodu a vyženeme z něj normální vzduch.

Př. 6: Navrhni pokus, kterými by se potvrdilo vysvětlení předcházejícího pokusu.

Plechovku nevhodíme do studené, ale do vařící vody \Rightarrow plechovka se neochladí a pára uvnitř nebude kondenzovat \Rightarrow nesníží se tlak vzduchu uvnitř plechovky \Rightarrow tlak okolního vzduchu plechovku nerozmačká.

Př. 7: V primě jsme pokus z úvodu hodiny prováděli s dlouhou hadicí. Zjistili jsme, že tlak vzduchu udrží v hadici sloupec vody vysoký téměř 10 metrů. Vypočti velikost tlaku vzduchu.

Tlak vzduchu je stejný jako tlak sloupce vody, který ve hadici zůstal. Tlak vody můžeme spočítat pomocí vzorce pro hydrostatický tlak.

$$p = h\rho g \quad (\text{hydrostatický tlak roste s hloubkou, hustotou kapaliny a přitahováním Zemí}).$$

$$p = h\rho g = 10 \cdot 1000 \cdot 10 \text{ Pa} = 100\,000 \text{ Pa}$$

Tlak vzduchu je přibližně stejný jako tlak 10 m vysokého sloupce vody, tedy asi 100 000 Pa.

Př. 8: Školní vývěva má zvon o průměru 0,4 m. Jak velkou silou bys ji musel zvedat, abys překonal tlak vzduchu, kdyby se Ti z pod zvonu podařilo zcela vyčerpát vzduch?

Pod zvonem není vzduch \Rightarrow na zvon tlačí pouze vnější tlak vzduchu směrem dolů (uvnitř není žádný vzduch, který by tlačil zvon nahoru \Rightarrow spočteme sílu, kterou atmosférický tlak tlačí zvon dolů.

$$\text{Obsah zvonu } r = 0,2 \text{ m: } S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,2^2 \text{ m}^2 = 0,13 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{S} \quad / \cdot S$$

$$F = pS = 100\,000 \cdot 0,13 = 13\,000 \text{ N}$$

Zvon bychom museli zvedat silou 13 000 N (tedy stejnou silou jako bychom zvedali 1,3 tuny - osobní automobil.

Př. 9: Jako první změřil velikost tlaku vzduchu E. Torricelli (proto se pokus nazývá Torricelliho) v roce 1664. Místo hadice s vodou použil skleněnou trubici a rtuť. Jak dlouhou skleněnou trubici na svůj pokus potřeboval?

Hustota rtuti: $\rho = 13\,500 \text{ kg/m}^3$. Známe tlak a potřebujeme spočítat výšku sloupce.

$$p = h\rho g \quad / : \rho g$$

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{100\,000}{13\,500 \cdot 10} \text{ m} = 0,74 \text{ m}$$

Torricelli potřeboval skleněnou trubici dlouhou 0,74 m.

Př. 10: Některá úsporná okna jsou označována jako vakuová. Může být mezi tabulemi vakuum? Svůj názor podpoř výpočtem pro skleněné tabule ve třídě.

Pokud by mezi skly bylo vakuum, tlačil by na okenní tabule vnější tlak vzduchu, ale žádná síla by tento tlak zevnitř nevyrovnávala \Rightarrow velká síla by tabule přitlačila k sobě a praskly by. Odhad síly.

$$\text{Plocha oken: Obdélník } 0,5 \times 1,4 \text{ m} \Rightarrow S = ab = 0,5 \cdot 1,4 \text{ m}^2 = 0,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Síla na jedno okno (odvození příklad 7): } F = pS = 100\,000 \cdot 0,7 = 70\,000 \text{ N}.$$

Okenní tabule by k sobě přitlačoval vzduch silou 70 000 N (síla odpovídající tíze 7 tun).

Př. 11: Píst 10 ml stříkačky má průměr 1,2 cm. Jak velké závaží můžeme pověsit na píst, pokud zacpeme ústí stříkačky prstem?

Obsah pístu $r = 0,6 \text{ cm} = 0,006 \text{ m}$: $S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,006^2 \text{ m}^2 = 0,00011 \text{ m}^2$

$$F = pS = 100\,000 \cdot 0,00011 = 11 \text{ N}$$

Na píst můžeme pověsit závaží o hmotnosti 1,1 kg.

Př. 12: Vypočti hmotnost vzduchu, který se nachází nad naší třídou.

Tlak vzduchu (stejně jako hydrostatický tlak vody) vzniká tím, že o spodní vrstvu vzduchu se opírá vzduch nad ní \Rightarrow velikost tlaku odpovídá gravitační síle, kterou Země přitahuje veškerý vzduch výše.

Plocha třídy (půdorys 8 x 6 metrů): $S = ab = 6 \cdot 8 \text{ m}^2 = 48 \text{ m}^2$

Síla, kterou tlačí vzduch na podlahu třídy: $p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = pS = 100\,000 \cdot 48 \text{ N} = 4\,800\,000 \text{ N}$

\Rightarrow stejně velkou gravitační silou přitahuje Země vzduch nad třídou.

$$F_g = mg \Rightarrow m = \frac{F_g}{g} = \frac{4\,800\,000}{10} \text{ kg} = 480\,000 \text{ kg} = 480 \text{ t}$$

Vzduch nad třídou váží 480 tun.

Pedagogická poznámka: Následující příklad zadáván na doma na rozmyšlení. Počítáme ho společně na začátku příští hodiny.

Př. 13: Školní vývěva má zvon o průměru 0,4 m. Jak velký tlak musí být pod zvonom, aby bylo možné ho nadzvednout silou 200 N?

Shrnutí: Tlak vzduchu okolního vzduchu má velikost přibližně 100 000 Pa.