

1.5.7 Tlak vzduchu

Předpoklady: 010506

Pomůcky: papíry, skleničky, různě hluboké nádoby, pipeta, PET láhev, balónek, plechovka od barvy, kahan, průhledná zahradní hadice

Minulá hodina: Vzduch má hmotnost \Rightarrow je přitahován k Zemi gravitační silou \Rightarrow stejně jako voda tlačí na vše pod sebou.

Vzduch je téměř tisíckrát lehčí než voda, ale vrstva vzduchu je tlustá desítky kilometrů.

Př. 1: Zcela zaplněnou skleničku vody přikryjeme papírem (tak aby papír skleničku přiliš nepřesahoval). Papír přidržíme, skleničku rychle obrátíme dnem vzhůru (papírem dolů), oddálíme ruku. Papír zůstává na místě, voda ze skleničky nevytéká. Jaká síla drží vodu v převrácené skleničce?

Papír se přilepí ke stěně skleničky a udrží vodu.

Pedagogická poznámka: V řešení předchozího příkladu je uvedena typická (nesprávná) odpověď.

Př. 2: Navrhni pokusy, kterými bychom rozhodli, zda vodu drží papír přilepený ke sklenici.

Zopakujeme pokus se skleničkou bez vody.

Provedeme pokus bez papíru.

Místo papíru použijeme jinou látku (například alobal nebo igelit).

....

Výsledky pokusů:

Pokud ve skleničce není voda, papír neudrží ani sám sebe.

Pokud nepřikryjeme skleničku papírem, voda vyteče.

Pokud papír nahradíme jinou látkou, voda nevyteče.

Pokus se skleničkou můžeme provést i bez papíru: pokud otvor ve skleničce zůstane pod hladinou vody, voda ze skleničky nevyteče.

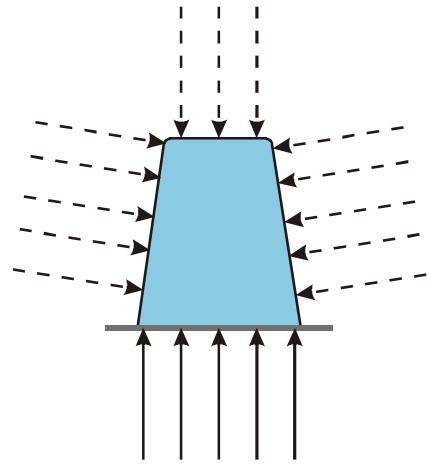
\Rightarrow Papír hraje v pokusu velkou roli, ale na přitahování ke skleničce to nevypadá (bez vody neudrží ani sebe, je možné ho nahradit, ...).

Pokud máme dost úzkou trubičku, objedeme se i bez papíru - pipeta:

- pokud palec zacpeme horní otvor, voda nevytéká,
- pokud palec odundáme, voda vyteče.

Žijeme na dně vzduchového oceánu, vzduch má hmotnost \Rightarrow tlak vzduchu může hrát roli \Rightarrow nakreslíme si, jak tlak vzduchu působí na vodu ve skleničce.

Př. 3: Nakresli obrázek převrácené skleničky s vodou a papírem. Do obrázku zakresli působení tlaku vzduchu na vodu. Proč voda nevyteče?

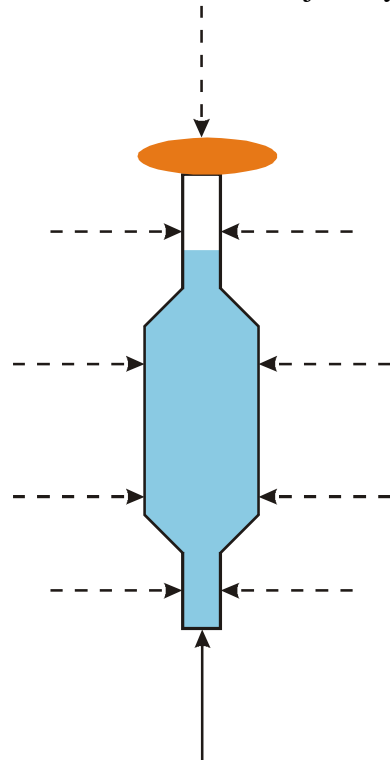


Na skleničku působí tlak vzduchu ze všech stran:

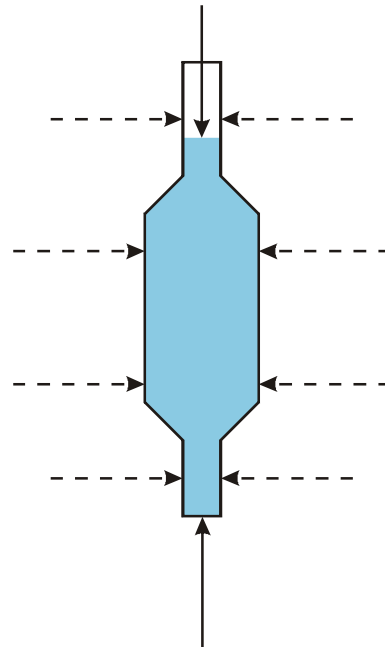
- v místech, kde je sklenička, tlak vzduchu na vodu nepůsobí (nedostane se přes tvrdou skleničku),
- papír je měkký \Rightarrow zespoda tlak vzduchu působí přes papír na vodu směrem vzhůru a nedovolí ji vytéct směrem dolů.

Př. 4: Nakresli podobné obrázky pro pokus s pipetou. Proč voda vyteče, když nezacpáváme palcem horní otvor?

V obou případech působí tlak vzduchu zespoda směrem nahoru (drží vodu v pipetě). Působení vzduchu ze stran blokuje stěny pipety.



Pokud palcem držíme horní otvor, nemůže tlak vzduchu působit na vodu shora \Rightarrow na vodu působí pouze tlak vody zezdola \Rightarrow voda

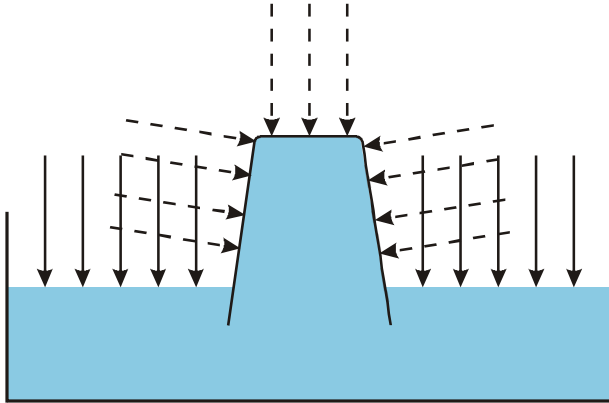


Pokud palcem horní otvor nadržíme, tlak vzduchu působí na vodu v pipetě i shora \Rightarrow tlaky vzduchu se vyrovní \Rightarrow na vodu působí

nevyteče.

pouze gravitace \Rightarrow voda vyteče.

Př. 5: Nakresli obrázek pokusu, ve kterém zůstal vršek skleničky pod vodou. Proč voda nevytéká?



Pokud by měla voda vytéct do akvária, musela by se zvýšit hladina vody v akváriu. Na hladinu vody však působí směrem dolů tlak vzduchu a drží tak vodu ve skleničce.

Př. 6: Navrhni pokus, kterým bychom ověřili, že vodu ze skleničky nevytéká, protože na ni přes pevnou skleničku nepůsobí tlak vzduchu.

Jeden takový pokus už jsme provedli s pipetou (po oddálení palce voda vytekla).

Místo skleničky můžeme použít měkkou PET láhev (tlak vzduchu by měl působit přes měkké stěny na vodu, která by měla vytéct).

- Pokus s měkkou PET lahví: voda vytéká, během vytékání je vidět, jak se láhev bortí ze stran (více vždy než do ní pronikne vzduch).
- Pokus s tvrdou PET lahví: voda nevytéká.

Větší výška vodního sloupce znamená vyšší hydrostatický tlak \Rightarrow pokud budeme mít dostatečně vysoký vodní sloupec, hydrostatický tlak překoná tlak vzduchu a:

- z dostatečně vysoké pipety vyteče voda, i když ji budeme palcem zacpávat,
- u dostatečně vysoké skleničky se papír u konce neudrží.

Problém: Žádná z pipet ani skleniček není dostatečně vysoká, aby tlak vzduchu neudržel její vodní sloupec.

Řešení: Místo skleničky můžeme použít zahradní hadici. Jeden z jejích konců (dno skleničky) ucpeme (aby tlak vzduchu netlačil seshora), druhý konec ponoříme do nádoby s vodou (jako spodní kraj skleničky). Ucpaný konec postupně zvedáme a sledujeme zda se u něj neobjevuje prázdné místo.

Pedagogická poznámka: Pokud je ve škole převýšení 10 m velmi bych doporučoval pokus provést. K realizaci stačí 15 m (i méně) hadice (stačí 1/2 coulu), kýbl a voda. Já osobně používám dole místo kýblu sběrnou nádobu na starý papír. Hadici taháme uvnitř schodiště, konec držím palcem, žáci stoupají po schodišti a hledají místo, kde se utvoří hladina. Poté co se vakuum objeví, jim ukazuji, že mohu koncem hadice pohybovat nahoru i dolů a hladina zůstává ve stejné výšce.

Sloupec vody v hadici končil ve výšce 9,59 m nad hladinou vody v kýblu. Prostor na sloupcem o této výšce, se zvětšoval podle toho, zda jsme hadici zvedali nebo pouštěli dolů, výška hladiny vody v hadici však zůstávala stejná.

Př. 7: Za ideálnějších podmínek bychom zjistili, že sloupec vody by při hladině moře dosáhl výšky téměř 10m. Zkus vysvětlit, proč voda při našem pokusu vystoupala do menší výšky.

Z vody stoupaly hadicí nahoru bubliny \Rightarrow nad hladinou vody nebylo úplné vzduchoprázdno \Rightarrow na hladinu vody v hadici působil směrem dolů malý tlak vody, který pomohl vodě vyrovnat tlak vzduchu při menší výšce vody.

Náš pokus jsme neprováděli na hladině moře \Rightarrow výška vzduchového sloupce nad vodou v nádobě byla menší než u hladiny moře \Rightarrow tlak vzduchu byl menší \Rightarrow vzduch udržel nižší sloupe než by udržel při hladině moře.

Př. 8: Pokus, který jsme provedli s hadicí, se nazývá Torricelliho pokus, podle italského vědce, který ho provedl 1643 se rtutí. Proč ji použil místo vody?

Rtuť má daleko větší hustotu než voda \Rightarrow menší sloupec rtuti dokáže vytvořit stejný tlak jako vzduch \Rightarrow potřeboval kratší trubici.

Př. 9: Vypočti tlak vzduchu ve chvíli, kdy udrží 10 m vysoký sloupec vody.

Představíme si, že tlak způsobuje vodní sloupec akvária a výšce 10 a čtvercovém dnu 1 x 1 m.

Objem akvária: $V = abc = 1 \cdot 1 \cdot 10 = 10 \text{ m}^3 = 10\,000 \text{ dm}^3 = 10\,000 \text{ l}$.

Hmotnost vody 10 000 kg (1 litr vody má hmotnost 1 kg).

Gravitační síla Země na vodu: $F_g = mg = 10\,000 \cdot 10 = 100\,000 \text{ N}$.

Plocha dna: $S = 1 \cdot 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2$.

Tlak vody na dno: $100\,000 : 10\,000 = 10 \text{ N/cm}^2$.

V akváriu o ploše dna 1 m x 1 m bude 10 m vody tlačit na dno tlakem 10 N/cm^2 .

Domácí bádání: Zjisti, jak vysoký sloupec rtuti potřeboval Torricelli na změření atmosférického tlaku. Proč se nepoužívá rtuť na měření atmosférického tlaku ve škole?

Domácí bádání: Tlak vzduchu je velmi důležitou veličinou při předpovědi počasí. Často se pro jeho měření používá přístroj nazývaný aneroid. Jak funguje?

Žáci přinesou příště: 2 skleničky (nebo dva hrnečky, případně plecháčky), špejle cca 5 kusů, svíčku, podložku pod svíčku (víčko od zavařovačky, CD, ...)

Shrnutí: Protože jsme na dně vzduchového oceánu, vzduch na nás působí atmosférickým tlakem.