

### 3.3.2 Brčko, pumpička, vývěva

**Předpoklady:** 030301

**Pomůcky:** vývěva, siloměr (nebo váha) do 250 N, pumpička, svrasklé jablko, zkumavky, kádinka s vodou

**Př. 1:** Školní vývěva má zvon o průměru 0,4 m. Jak velký tlak musí být pod zvonem, aby bylo možné ho nadzvednout silou 250 N?

Na zvon vývěvy působí čtyři síly:

- dolů gravitační síla  $F_g$  (na její určení musíme znát hmotnost zvonu),
- dolů tlak vzduchu nad vývěvou  $F_v$ ,
- nahoru tlak vzduchu pod vývěvou  $F_p$ ,
- nahoru sílu, kterou ho nadzvedáváme  $F$ .

Pokud máme zvon zvednout, musí být síla  $F$  tak velká, aby společně se silou  $F_p$  vyrovnala zbývajících dvě síly působící dolů.

Spočteme velikosti sil.

Plocha zvonu:  $S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,2^2 \text{ m}^2 = 0,12566 \text{ m}^2$ .

- Gravitační síla:  $F_g = mg = 5 \cdot 10 \text{ N} = 50 \text{ N}$ .
- Tlak vzduchu nad vývěvou:  $F = pS = 100\,000 \cdot 0,12566 \text{ N} = 12\,566 \text{ N}$ .

Celkově:  $F_d = 12\,566 + 50 \text{ N} = 12\,616 \text{ N}$ .

Síla, kterou táhneme nahoru:  $F = 250 \text{ N} \Rightarrow$  tlak vzduchu pod zvonem musí vyrobit sílu:

$$F_p = 12\,616 - 250 \text{ N} = 12\,366 \text{ N}$$

Tlak vzduchu uvnitř vývěvy:  $p = \frac{F}{S} = \frac{12\,366}{0,12566} \text{ N} = 98\,400 \text{ N}$

Pod zvonem vývěvy musí být tlak 98 400 Pa.

**Pedagogická poznámka:** Žáci jsou šokováni tím, že tlak vzduchu pod zvonem musí být skoro stejný jako tlak okolního vzduchu. Proto je namístě pokus provést. Při provedení je lepší vyčerpat vzduch na podstatně nižší tlak (50 000 Pa), aby zvon dobře přilehl. Pak vzduch postupně připouštět (pokud vývěva špatně těsní, připouštění zastavit u cca 90 000 a pak se siloměrem čekat na okamžik, kdy tlak dosáhne požadované hodnoty). Pokud vydržíte jde to i tak, že nastavíte sílu a čekáte až se zvon utrhne.

Předchozí příklad za nás může z větší části vyřešit matematika (pokud umíme dosazovat do vzorců a vyjadřovat neznámou).

Pro síly, které působí na zvon, můžeme napsat:  $F_g + F_v = F_p + F$  (součet sil, které působí dolů, se rovná součtu sil, které působí nahoru). Chceme vypočítat tlak vzduchu pod vývěvou, tedy sílu  $F_p$ :  $F_g + F_v = F_p + F \quad / -F$

$$F_p = F_g + F_v - F$$

Dosadíme za jednotlivé síly:  $p_p S = mg + pS - F \quad / : S$

$$p_p = \frac{mg + pS - F}{S} = \frac{5 \cdot 10 + 100\,000 \cdot 0,12566 - 250}{0,12566} \text{ Pa} = 98\,400 \text{ Pa}$$

**Pedagogická poznámka:** Postup píšou na tabuli, ale nechci, aby si ho žáci opisovali do sešitu.

**Př. 2:** Proč nás vzduch svým tlakem nerozmačká? Co by stalo, kdybychom se ocitli ve vzduchu prázdnu (třeba i s dýchacím přístrojem)?

V tlaku žijeme pořád a jsme na něj zvyklí. Dýcháme vzduch, který má atmosférický tlak. Naše tělo je uvnitř natlakované na stejný tlak, jaký má atmosféra okolo nás.

V případě, že bychom se ocitli ve vzduchoprázdnu, vnitřní tlak by nevyrovnával vnější tlak a tělo by se začalo "nafukovat".

Zejména z některých tkání bychom začali krvácet (oči, pusa, ...).

**Př. 3:** Vysvětli, která síla tlačí vodu do pusy, když pijeme brčkem.

Když pijeme brčkem vtáhneme vzduch z pusy do plic  $\Rightarrow$  snížíme tlak vzduchu v puse  $\Rightarrow$  okolní vzduch tlačí na hladinu vody ve skleničce více než vzduch z naší pusy tlačí na vodu v brčku  $\Rightarrow$  okolní vzduch tlačí vodu do brčka a do naší pusy.

**Př. 4:** Rozhodni, jak zda je možné pít brčkem, které:

- a) je dlouhé 2 m,                      b) má díru, která není ponořená do vody,  
c) je zakroucené.

a) je dlouhé 2 m

Možné to je, ale protože hydrostatický tlak vody o výšce sloupce 2 m je poměrně velký, budeme muset v puse vytvořit větší podtlak než u normálního brčka (rozdíl mezi okolním tlakem a tlakem vzduchu v puse musí být větší než je hydrostatický tlak vodního sloupce v brčku).

b) má díru, která není ponořená do vody

Není to možné. Dírou bude do brčka vnikat vzduch a bude zvyšovat tlak vzduchu na stejnou hodnotu, jakou má okolní tlak.

c) je zakroucené

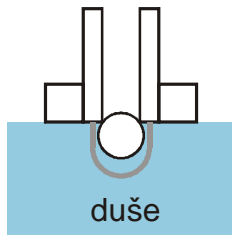
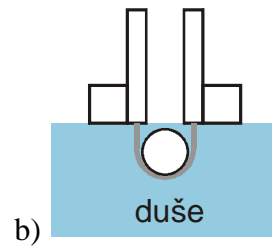
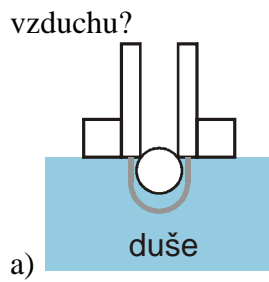
Je to možné. Voda nemusí téci přímou cestu. Taková brčka se dokonce vyrábí.

**Dodatek:** Dobrovolníci si mohou po hodině vyzkoušet pít brčkem (hadicí) o délce 3 m.

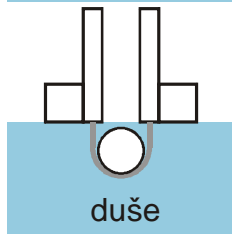
**Př. 5:** Jakou největší délku může mít brčko, abychom z něj mohli pít při libovolném náklonu?

Tlak vzduchu odpovídá tlaku 10 m sloupce vody  $\Rightarrow$  nejdelší brčko, kterým bychom mohli pít i v kolmé poloze, by mělo délku 10 m (prakticky však méně, protože u 10 m brčka bychom museli být schopni vytvořit v puse dokonalé vzduchoprázdno).

**Př. 6:** Na obrázku je nakreslen ventilek. Vysvětli, jak funguje (proč vpouští dovnitř vzduch z hustilky a nepouští ven vzduch z duše). Na kterém obrázku je nakreslen ventilek, který pouští vzduch dovnitř duše, na kterém ventilek, který zabraňuje unikání

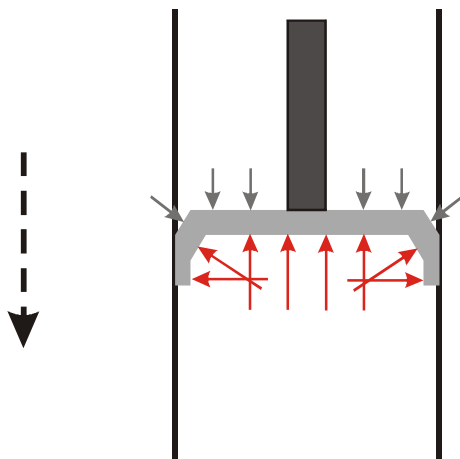


Ventilek brání unikání vzduchu z duše (ucpává otvor). Větší tlak vzduchu uvnitř pneumatiky tiskne kuličku na otvor a zavírá tak vzduchu cestu ven,

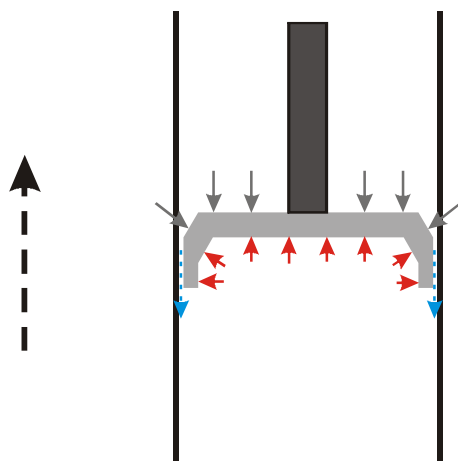


Ventilek propouští vzduch do duše. Větší tlak vzduchu v pumpičce odtlačuje kuličku z otvoru a uvolňuje cestu z pumpičky do duše.

**Př. 7:** Prohlédni si vnitřek hustilky. Nakresli obrázky a popiš její funkci.



Píst se pohybuje dolů  $\Rightarrow$  vzduch pod kůžičkou stlačujeme  $\Rightarrow$  tlak vzduchu pod kůžičkou je větší než tlak nad ní a přitiskává kůžičku k pístu  $\Rightarrow$  zavírá si cestu z pístu  $\Rightarrow$  píst ho natlačí do pneumatiky.



Píst se pohybuje nahoru  $\Rightarrow$  vzduch pod kůžičkou ředíme  $\Rightarrow$  tlak vzduchu nad kůžičkou je větší než tlak pod ní a odchlípuje ji od stěny pístu  $\Rightarrow$  otevírá si cestu do pístu  $\Rightarrow$  do pístu se nabírá další vzduch.

**Pedagogická poznámka:** Hustilku má každý a je třeba ji otevřít a dát do ruky dětem.

**Př. 8:** Sleduj pokus s balónekem a jablkem. Co se stalo při vyčerpávání vzduchu z vývěvy? Proč? Co se stane, když pustíme do vývěvy zpátky vzduch a jeho tlak se vrátí na původní úroveň?

Vyčerpávání vzduchu:

- balónek se zvětšuje: tlak vzduchu pod zvonem klesá  $\Rightarrow$  rozdíl mezi tlakem vzduchu uvnitř balónku a vně balónku se zvětšuje  $\Rightarrow$  stěny se napínají větší silou a balónek se zvětšuje.
- slupka svráštělého jablka se narovná: tlak vzduchu pod zvonem klesá  $\Rightarrow$  vzduch uvnitř jablka má větší tlak a rozpíná se  $\Rightarrow$  slupka jablka se napíná.

Zpětné napouštění vzduchu:

- balónek se zmenšuje: tlak vzduchu pod zvonem roste  $\Rightarrow$  rozdíl v tlaku vzduchu uvnitř balónku a vně balónku se zmenšuje  $\Rightarrow$  stěny se napínají menší silou a balónek se zmenšuje.
- slupka jablka se svráští: tlak vzduchu pod zvonem roste  $\Rightarrow$  jablko je stlačováno větším tlakem  $\Rightarrow$  slupka jablka se svráští.

Když se tlak vzduchu vrátí na původní úroveň, vrátí se do původního stavu balónek i jablko.

**Pedagogická poznámka:** Vyčerpáme vzduch z vývěvy, rozebereme změny, žáci odhadnou, co se bude dít při napouštění vzduchu a pak teprve napustíme vzduch do vývěvy.

**Př. 9:** Proč je jablko na konci pokusu ještě svráštělejší než na počátku?

Jablko zřejmě obsahovalo vzduch, který z něho unikl  $\Rightarrow$  jablko je menší (a tím svráštělejší) než na začátku.

**Př. 10:** V kádince jsou vzhůru nohama dvě zkumavky. Jaký je mezi nimi rozdíl? Co se bude dít, když dáme kádinku se zkumavkami pod zvon vývěvy a začneme vyčerpávat vzduch? Co se bude dít, když vzduch pod zvon znovu napustíme?

V jedné zkumavce je vzduch, druhá je plná vody.

Při vyčerpávání vzduchu:

- zkumavka se vzduchem: tlak vzduchu na hladinu vody v kádince klesá, tlak vzduchu ve zkumavce je větší  $\Rightarrow$  vzduch ve zkumavce vytlačuje ze zkumavky vodu  $\Rightarrow$  pokud je vzduchu ve zkumavce hodně, může vytlačit všechnu vodu a částečně uniknout ven.
- zkumavka bez vzduchu: nic se nebude dít.

• Při napouštění vzduchu:

- zkumavka se vzduchem: tlak vzduchu na hladinu vody v kádince roste, tlak vzduchu ve zkumavce je menší  $\Rightarrow$  vzduch pod zvonem natlačuje vodu do zkumavky  $\Rightarrow$  voda se nasává zpátky do zkumavky (pokud při vysávání nějaký vzduch unikl, bude na konci pokusu ve zkumavce více vody než na začátku).
- zkumavka bez vzduchu: nic se nebude dít.

**Shrnutí:** Když vytvoříme přetlak nebo podtlak vznikne rozdíl tlaků, který můžeme užitečně využít.