

## 1.8.2 Pascalův zákon

**Předpoklady:** 010801

**Pomůcky:** balónek, pytlík od mléka (s dírkami), stříkačka, hydraulický louskáček ořechů.

Čím je určena velikost balónku?

- balónek se snaží stlačit vzduch (chce se zmenšit do normálního stavu), čím větší je, tím více se snaží zmenšit,
- vzduch se snaží zvětšit balónek a rozepnout se, čím je balónek větší, tím slabší je jeho tendence se dále rozpínat,

⇒ ustaví se rovnováha, kdy je působení gumy i vzduchu stejně silné.

Balónek:

- částečně nafouknutý balónek stlačíme: zbývající část balónku se více nafoukne (působí tam větší tlak).

Stříkačka:

- plná vodorovně položená stříkačka: voda nevytéká (v kapalině není dostatečný tlak, který by ji nutil k pohybu),
- zatlačíme na píst stříkačky: voda vytéká (v kapalině se díky působení síly pístu objevil tlak),
- ucpeme díru: pístem není možné pohybovat dále (tlak v kapalině roste tak, že dokáže vyrovnat i zvětšení síly na píst).

⇒ Vnější síla vyvolá v tekutině tlak, který se kapalinou šíří (například od pístu k otvoru).

Kam se tlak v kapalině šíří?

Podle chování balónku do všech míst.

Pytlík od mléka, s dírkami, naplněný vodou: voda volně vytéká. Zatlačíme na pytlík ⇒ na všech místech začne voda vytékat rychleji ⇒ na všech místech se zvýšil tlak.

**Pascalův zákon:** Pokud na tekutinu uzavřenou v nádobě působí vnější síla, vyvolá v ní tlak, jehož velikost je ve všech místech tekutiny stejná.

**Př. 1:** Dokumentuj Pascalův zákon na příkladech z běžného života.

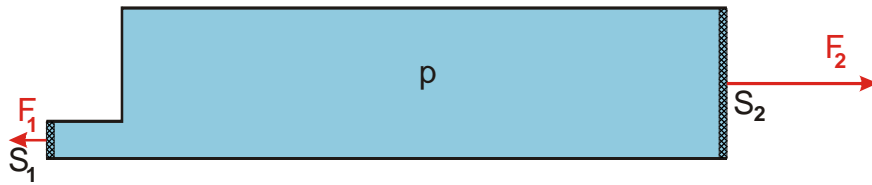
Nafukováním zvětšujeme tlak v pneumatice. Tvrdost pneumatiky je všude stejná ⇒ tlak je všude stejný.

Z částečně ucpané hadice stříká voda do všech stran.

Balónek se nafoukne do všech stran.

Přetlačovaná mezi palcem a malíčkem: plná stříkačka vody, malíčkem ucpeme otvor a palcem se snažíme zatlačit píst. Palec je silnější než malíček, ale přesto píst nezatlačí. Proč?

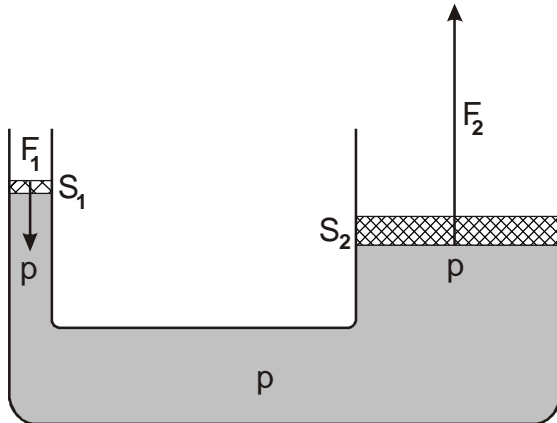
Tlak vody ve stříkačce je všude stejný, platí  $p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = pS$ .



malá plocha otvoru  $\Rightarrow$  malá síla

velká plocha pístu  $\Rightarrow$  velká síla

$\Rightarrow$  princip **hydraulického zařízení**:



Dva válce (obsahy  $S_1$ ,  $S_2$ ) spojené trubicí:

Působíme silou  $F_1$  na menší píst  $\Rightarrow$  v celém objemu kapaliny (i u druhého pístu) tlak o

velikosti  $p = \frac{F_1}{S_1} \Rightarrow$  síla kapaliny na druhý píst:

$$F_2 = pS_2.$$

Pokud platí, že  $S_2 > S_1$ , platí i  $F_2 > F_1$ .

Poměr velikosti obou sil rovnící.

$$\text{Platí: } p = \frac{F_1}{S_1} \text{ a } p = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

$\Rightarrow$  můžeme zvětšovat sílu (ve stejném poměru v jakém jsou obsahy pístů).

**Př. 2:** Píst stříkačky má průměr 2 cm, otvor 2 mm. Jakou silou by musel působit palec, pokud malíčkem udržíte sílu 100 N?

$$d_1 = 2 \text{ mm} \Rightarrow r_1 = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}, F_1 = 100 \text{ N}, d_2 = 2 \text{ cm} \Rightarrow r_2 = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}, F_2 = ?$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1} = F_1 \frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2} = F_1 \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$F_2 = F_1 \frac{r_2^2}{r_1^2} = 100 \frac{(10^{-2})^2}{(10^{-3})^2} \text{ N} = 10000 \text{ N}$$

Palec by musel na píst působit silou 10 000 N (tíha jedné tuny), aby přetlačil malíček.

**Dodatek:** Je tedy vcelku bezpečné vytahovat se s obyčejnou 20 ml stříkačkou, že máte nejsilnější malíček na světě.

**Př. 3:** Hydraulické zařízení se často používá ve formě dvou pístů o stejném obsahu spojených delší ohebnou trubicí. Najdi účel tohoto zařízení.

Uvedené zařízení umožňuje snadný přenos síly z jednoho místa na druhé i přes členitý prostor plný překážek a zatáček.

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad demonstrujeme v hodině hadičkou zakoupenou v akvaristice na koncích osazenou plnými stříkačkami. Žáci dostanou za úkol hadici všelijak proplést mezi židlemi a lavicemi a pak sledují, jak zatlačení na jednu stříkačku zvedne druhou stříkačku na druhém konci hadičky.

Toto využití je daleko důležitější než zesilování síly.

Využití hydrauliky (kapalinou je většinou olej):

- hydraulické lisy,
- hydraulické zvedáky,
- brzdy automobilů,
- hydraulické ovládání přístrojů,
- hydraulika stavebních strojů.

Pneumatická zařízení: kapaliny nahrazuje a sílu přenáší stlačený vzduch (pneumatické buchary a kladiva nebo vrtačky).

**Př. 4:** Je nutné při používání vzorce  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$  pro hydraulické zařízení převádět velikosti ploch na základní jednotku  $m^2$ ?

Není, ve vzorci se vyskytuje poměr obou ploch  $\Rightarrow$  pokud obě plochy udáme ve stejné jednotce, výsledek bude vždy stejný.

**Př. 5:** Na obrázku je vyfocený hydraulický louskáček ořechů. Vysvětli, jak funguje. Kam se musí dávat ořechy, kde se musí tlačit?

Větší síla působí u většího pístu  $\Rightarrow$  ořechy musíme dávat k větší stříkačce, tlačíme na menší.

**Př. 6:** Ořech v louskáčku na obrázku praskl, když jsme na menší stříkačku působili silou 150 N. Urči sílu nutnou k prasknutí ořechu. Písty mají kruhový průřez o průměrech 1,2 cm a 2 cm.

Malá stříkačka:  $F_1 = 150 \text{ N}$ ,  $d_1 = 1,2 \text{ cm} = 0,012 \text{ m}$ .

Velká stříkačka:  $F_2 = ?$ ,  $d_2 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ .

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1 = \frac{\pi \frac{d_2^2}{4}}{\pi \frac{d_1^2}{4}} F_1 = \frac{d_2^2}{d_1^2} F_1$$

$$F_2 = \frac{d_2^2}{d_1^2} F_1 = \frac{0,02^2}{0,012^2} \cdot 150 \text{ N} = 420 \text{ N}$$

Na prasknutí ořechu je nutná síla 420 N.

**Př. 7:** Porovnej dráhu malého a velkého pístu hydraulického louskáčku.

Kapalina je nestlačitelná  $\Rightarrow$  objem, který vytlačí malý píst, musí být stejný jako objem, o který zvedne kapalina velký píst. Větší píst se musí pohnout o menší dráhu než malý.

$\Rightarrow$  Konstrukční problém: pokud není malý píst hodně dlouhý, rozsah velkého pístu bude značně omezený.

Řešení: místo malého pístu se používají čerpadla, která mohou vytlačit daleko větší množství kapaliny.

**Př. 8:** Při louskání ořechu se velký píst pohnul o 0,4 cm. Urči dráhu, o kterou se pohnul menší píst. Urči práci, kterou vykonala vnější síla na malém pístu, i práci, jakou vykonal velký píst na ořechu (předpokládej konstantní velikost obou sil).

Malá stříkačka:  $F_1 = 150 \text{ N}$ ,  $d_1 = 1,2 \text{ cm} = 0,012 \text{ m}$ ,  $l_1 = ?$

Velká stříkačka:  $F_2 = 420 \text{ N}$ ,  $d_2 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ ,  $l_2 = 0,4 \text{ cm} = 0,004 \text{ m}$ .

$V_1 = V_2$  objemy jsou stejné

$\pi r_1^2 l_1 = \pi r_2^2 l_2$  objem válce  $V = Sv = \pi r^2 l$

$$\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 l_1 = \left(\frac{d_2}{2}\right)^2 l_2$$

$$\frac{d_1^2}{4} l_1 = \frac{d_2^2}{4} l_2$$

$$d_1^2 l_1 = d_2^2 l_2 \Rightarrow l_1 = \frac{d_2^2}{d_1^2} l_2 = \frac{0,02^2}{0,012^2} \cdot 0,004 \text{ m} = 0,011 \text{ m}$$

Práce:  $W_1 = F_1 s_1 = 150 \cdot 0,011 \text{ J} = 1,65 \text{ J}$

$W_2 = F_2 s_2 = 420 \cdot 0,004 \text{ J} = 1,68 \text{ J}$

Obě práce jsou stejné, drobný rozdíl je způsoben zaokrouhlováním, jak se můžeme přesvědčit

při obecném výpočtu:  $F_2 = \frac{d_2^2}{d_1^2} F_1$ ,  $l_1 = \frac{d_2^2}{d_1^2} l_2 \Rightarrow l_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} l_1$

$$W_2 = F_2 \cdot l_2 = \frac{d_2^2}{d_1^2} F_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} l_1 = F_1 l_1 = W_1$$

Stejně jako u všech předchozích strojů na zvětšování sil se práce zachovává.

**Shrnutí:** Tlak vyvolaný vnější silou je ve všech místech kapaliny stejný.