

### 3.2.2 Počítáme s tlakem

**Předpoklady:** 030201

**Pomůcky:** jednoduchá hydraulika, hydraulický louskáček na ořechy

**Pedagogická poznámka:** Na začátku hodiny kontrolujeme výsledek posledního příkladu z minulé hodiny.

**Př. 1:** Otestuj si, zda je silnější palec nebo malíček. Poté vezmi do ruky stříkačku, malíčkem ucpi její otvor a palcem začni stlačovat píst. Proč se palci nedaří malíček přetlačit a píst úplně zatlačit? Změř si rozměry pístu i průměr dírky. Předpokládej, že dokážeš palcem působit silou 150 N. Spočti, jaký je tlak uvnitř stříkačky a jakou silou působí vzduch ve stříkačce na malíček.

Otvoru stříkačky:  $d = 2 \text{ mm} \Rightarrow r = 1 \text{ mm} \Rightarrow S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,001^2 = 0,00000314 \text{ m}^2$

Píst:  $d = 16 \text{ mm} \Rightarrow r = 8 \text{ mm} \Rightarrow S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,008^2 = 0,000201 \text{ m}^2$

Tlak vytvářený palcem:  $p = \frac{150}{0,000201} \text{ Pa} = 750\,000 \text{ Pa}$ .

Síla, kterou působí vzduch ve stříkačce na malíček:

$F = pS = 750\,000 \cdot 0,00000314 \text{ N} = 2,36 \text{ N}$

**Př. 2:** Co udělala voda ve stříkačce se silou, kterou na něj působil palec?

Vzduch se stříkačce přenesl sílu od palce k malíčku a přenesenou sílu zmenšil.

Stříkačka ukazuje princip **hydraulického zařízení**: k uzavřené hadici s kapalinou jsou připojeny dva pohyblivé písty. Pokud na jeden z nich působíme silou, kapalina sílu přenáší na druhý píst.

Hydraulické zařízení přináší dva efekty:

- přenos síly na dálku (kudy dokážeme natáhnout hadičku, tudy přeneseme sílu),
- zvětšení (zmenšení) síly, při různých velikostech pístů.

**Dodatek:** V některých zařízeních se místo kapaliny používá vzduch stlačený kompresorem. Taková zařízení se označují jako pneumatická.

**Př. 3:** Proč se do brzd u auta nedává voda, ale speciální brzdící kapalina.

Kapalina nesmí:

- zamrzat,
- způsobovat korozi,
- vřít nebo se rozkládat při vyšších teplotách (pokud hydrauliku používáme u brzd, které se při brždění zahřívají).

**Př. 4:** Proč se brzdy musí odvzdušňovat?

Vzduch je stlačitelný  $\Rightarrow$  kdyby ve hydraulice bylo větší množství vzduchu, tlačili bychom pístem, ale druhý píst by se pohyboval málo, protože objem vzduchu by se větším tlakem zmenšil.

**Př. 5:** Hydraulický louskáček na ořechy je vyroben ze dvou stříkaček. Větší má píst o průměru 2 cm, menší o průměru 1,5 cm. Jak velká síla je třeba na rozlousknutí ořechu, jestliže praskl ve chvíli, kdy na menší píst působila síla 50 N?

V hydraulické zařízení platí, že tlak  $p = \frac{F}{S}$  je všude stejně velký:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Chceme vypočítat sílu  $F_2$ :  $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad / \cdot S_2$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

Určíme obsahy obou pístů:

- $S_1 = \pi r_1^2 = \pi \cdot 0,015^2 \text{ m}^2 = 0,000707 \text{ m}^2$ ,
- $S_2 = \pi r_2^2 = \pi \cdot 0,02^2 \text{ m}^2 = 0,00126 \text{ m}^2$ .

Dosadíme:  $F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1} = 50 \cdot \frac{0,00126}{0,000707} \text{ N} = 89 \text{ N}$

Na rozlousknutí ořechu byla třeba síla 89 N.

**Př. 6:** Rameno jeřábu zvedá píst o obsahu  $250 \text{ cm}^2$ , díky kterému může jeřáb zvedat náklady o hmotnosti 5 tun. Jaký tlak musí vydržet hadice hydrauliky? Jak velký musí být obsah pístu olejové pumpy, jestliže na něj motor působí silou 1000 N?

Síla, kterou působí píst na rameno:  $F_g = mg = 5000 \cdot 10 \text{ N} = 50\,000 \text{ N}$ .

Tlak v hydraulice:  $p = \frac{F}{S} = \frac{50\,000}{0,025} \text{ Pa} = 2\,000\,000 \text{ Pa}$ .

Obsah pístu olejové pumpy:  $p = \frac{F}{S} \quad / \cdot S$

$$Sp = F \quad / : p$$

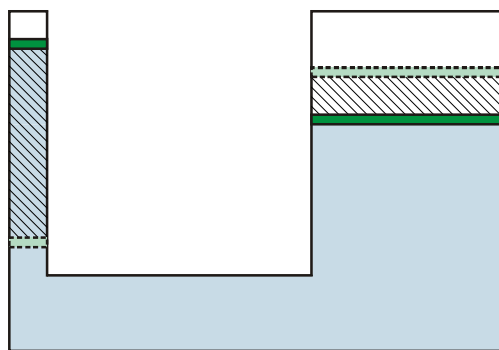
$$S = \frac{F}{p} = \frac{1000}{2\,000\,000} \text{ m}^2 = 0,0005 \text{ m}^2 = 5 \text{ cm}^2$$

Hydraulika musí vydržet tlak 2 MPa, obsah pístu olejové pumpy musí být  $5 \text{ cm}^2$ .

**Př. 7:** U všech zařízení, která zmenšovala sílu (páka, kladka, nakloněná rovina), jsme za zmenšení síly platili tím, že jsme museli menší silou působit po delší dráze (kvůli delšímu ramenu, většímu počtu provazů, pohybu po nakloněné rovině). Jak je to u hydraulického zařízení?

Velkým pístem hydraulického zařízení pohybuje kapalina vytlačená malým pístem  $\Rightarrow$  objem kapaliny vytlačené malým pístem se shoduje s objemem kapaliny, která nateče do velkého pístu  $\Rightarrow$  platí:

$$V_1 = h_1 S_1 = V_2 = h_2 S_2$$



Kolikrát je na malém pístu menší průřez pístu, tolikrát je delší dráha, o kterou píst posunujeme  $\Rightarrow$  stejně jako u ostatních zařízení se prodlužuje dráha.

**Dodatek:** U hydraulických zařízení s velkým zvětšením síly, by tak dráha malého pístu byla příliš dlouhá. Malý píst je tak nahrazen čerpadlem, které do hydrauliky kapalinu postupně čerpá a tím zvedá velký píst.

**Př. 8:** Kolikrát hydraulické zařízení zvětší sílu, když má jeho velký píst pětkrát větší poloměr než malý píst?

Kolikrát se zvětší plocha pístu, tolikrát se na něm zvětší působící síla. Pokud se poloměr zvětší pětkrát, zvětší se plocha pístu 25 krát (ve vzorci je druhá mocnina poloměru)  $\Rightarrow$  síla se zvětší také 25 krát.

**Př. 9:** Vezmi neotevřený pytlík brambůrek v ochranné atmosféře (pytlík je nafouknutý). Polož ho na stůl a seshora do něj bouchni. Vysvětli.

I když praštíme do pytlíku seshora, praskne na koncích a obsah se částečně rozletí do stran  $\Rightarrow$  tlak způsobený vnější (svislou) silou se v pytlíku šíří do všech míst (a způsobuje protrhnutí ve vodorovném směru).

**Př. 10:** Podle třetího pravidla z minulé hodiny vzniká v kapalině samovolně tlak, který roste s hloubkou. Co tento tlak způsobuje? Proč se s hloubkou zvětšuje?

Kapalinu v nádobě přitahuje gravitační pole Země (stejně jako všechny ostatní předměty)  $\Rightarrow$  každá vrstva kapaliny musí udržet tlak veškeré kapaliny, která je nad ní  $\Rightarrow$  tlak způsobený gravitací v kapalině roste s hloubkou.

Tlak vznikající působením gravitační síly označujeme jako **hydrostatický tlak**.

**Př. 11:** Vysvětli označení hydrostatický tlak. Znamená pojmenování, že se tento tlak týká pouze vody?

- Hydro - voda,
- statický - nepohybuje se.

⇒ jde o tlak, kterým působí voda, když se nepohybuje.

Tlak se určitě netýká pouze vody. Gravitace působí na ostatní kapaliny a musí v nich vyvolávat tlak stejným způsobem.

**Pedagogická poznámka:** V následující příklad počítá každý žák ve třídě pouze jeden z bodů. Rozdělíme si je mezi oddělení a porovnáváme výsledky. Pro většinu třídy jde spíše o domácí úkol. Řešení v příští hodině.

**Př. 12:** V odměrném válci je nalita voda do výšky 30 cm. Urči tlak vody způsobený gravitací na dno válce, jestliže má válec průměr:

- a) 2 cm      b) 5 cm      c) 12 cm      d) 40 cm      e) 3m      f) 10 m

Příklad řeš v levé polovině sešitu. Druhou nech volnou.

a)  $d = 2 \text{ cm} \Rightarrow r = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,01^2 \text{ m}^2 = 0,000314 \text{ m}^2$$

$$V = S \cdot h = 0,000314 \cdot 0,3 \text{ m}^3 = 0,000094 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 0,000094 \text{ kg} = 0,0094 \text{ kg}$$

$$F_g = m \cdot g = 0,0094 \cdot 10 \text{ N} = 0,094 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{0,94}{0,000314} \text{ Pa} = 2994 \text{ Pa} \doteq 3000 \text{ Pa}$$

b)  $d = 5 \text{ cm} \Rightarrow r = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,025^2 \text{ m}^2 = 0,00196 \text{ m}^2$$

$$V = S \cdot h = 0,00196 \cdot 0,3 \text{ m}^3 = 0,000589 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 0,000589 \text{ kg} = 0,589 \text{ kg}$$

$$F_g = m \cdot g = 0,589 \cdot 10 \text{ N} = 5,89 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{5,89}{0,00196} \text{ Pa} = 3005 \text{ Pa} \doteq 3000 \text{ Pa}$$

c)  $d = 12 \text{ cm} \Rightarrow r = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,06^2 \text{ m}^2 = 0,0113 \text{ m}^2$$

$$V = S \cdot h = 0,0113 \cdot 0,3 \text{ m}^3 = 0,00339 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 0,00339 \text{ kg} = 3,39 \text{ kg}$$

$$F_g = m \cdot g = 3,39 \cdot 10 \text{ N} = 33,9 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{33,9}{0,0113} \text{ Pa} = 3003 \text{ Pa} \doteq 3000 \text{ Pa}$$

d)  $d = 40 \text{ cm} \Rightarrow r = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,2^2 \text{ m}^2 = 0,126 \text{ m}^2$$

$$V = S \cdot h = 0,126 \cdot 0,3 \text{ m}^3 = 0,0377 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 0,0377 \text{ kg} = 37,7 \text{ kg}$$

$$F_g = m \cdot g = 37,7 \cdot 10 \text{ N} = 377 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{377}{0,126} \text{ Pa} = 2992 \text{ Pa} \doteq 3000 \text{ Pa}$$

e)  $d = 3 \text{ m} \Rightarrow r = 1,5 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot 1,5^2 \text{ m}^2 = 7,07 \text{ m}^2$$

$$V = S \cdot h = 7,07 \cdot 0,3 \text{ m}^3 = 2,12 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 2,12 \text{ kg} = 2120 \text{ kg}$$

$$F_g = m \cdot g = 2120 \cdot 10 \text{ N} = 21\,200 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{21\,200}{7,07} \text{ Pa} = 2999 \text{ Pa} \doteq 3000 \text{ Pa}$$

f)  $d = 10 \text{ m} \Rightarrow r = 5 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot 5^2 \text{ m}^2 = 78,5 \text{ m}^2$$

$$V = S \cdot h = 78,5 \cdot 0,3 \text{ m}^3 = 23,6 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 23,6 \text{ kg} = 23\,600 \text{ kg}$$

$$F_g = m \cdot g = 23\,600 \cdot 10 \text{ N} = 236\,000 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{236\,000}{78,5} \text{ Pa} = 3006 \text{ Pa} \doteq 3000 \text{ Pa}$$

Ve všech (velmi rozdílných) případech jsme získali stejný výsledek (odchyly byly zřejmě způsobeny zaokrouhlováním během výpočtů). Hydrostatický tlak na dně válce bude 3000 Pa.

**Shrnutí:** Přenos tlaku v kapalině, který způsobí vnější síla, využívají hydraulická zařízení k přenosu a zvětšení síly.