

## 1.8.1 Tekutiny, tlak

### Předpoklady:

**Pomůcky:** balónek, manometry.

Tekutiny: látky, které nemají stálý tvar (přizpůsobí se tvaru nádoby)

- kapaliny,
- plyny.

**Př. 1:** Najdi dva nejnápadnější rozdíly mezi kapalinami a plyny.

**Stlačitelnost:** kapaliny jsou velmi málo stlačitelné, plyny jsou za normálních podmínek dobře stlačitelné.

**Soudržnost:** kapalina drží při sobě, neuniká z otevřené nádoby, plyny unikají z otevřené nádoby a šíří se po okolí.

Uvedené rozdíly můžeme snadno demonstrovat na dvou uzavřených PET lahvích. Skok na láhev naplněnou vzduchem skončí jinak než skok na láhev plnou vody.

Důvod rozdílu:

- Kapalina se skládá z částic, které jsou blízko u sebe, přitahují se, při přiblížení se začnou silně odpuzovat.
- Plyn se skládá z částic, které jsou od sebe velmi vzdáleny a navzájem na sebe nepůsobí (vyjma srážek).

Tekutost:

- není vždy stejná: plyny jsou většinou tekutější než kapaliny.
- vyjadřujeme pomocí viskozity (vazkosti) neboli vnitřního tření kapaliny.

Viskozita kapaliny:

- charakterizuje obtížnost míchání kapaliny,
- při pohybu obdoba tření u pevných těles,
- v některých úvahách kvůli složitosti zanedbáváme.

V předchozí kapitole jsme kvůli jednoduchosti zkoumali dokonale tuhé těleso  $\Rightarrow$  nyní budou následovat jednodušší úvahy s ideální kapalinou (ideálním plynem).

**Př. 2:** Navrhni vlastnosti ideálního plynu a ideální kapaliny.

Ideální kapalina je myšlená kapalina, která je dokonale tekutá a dokonale nestlačitelná.

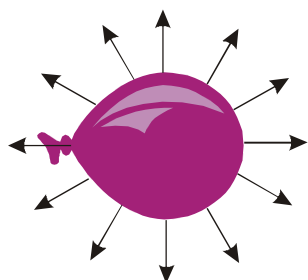
Ideální plyn je plyn, který je dokonale tekutý a dokonale stlačitelný.

V tomto díle považujeme tekutiny za kontinuum – látky bez vnitřní struktury dokonale vyplňující prostor spojitého prostředí.

**Dodatek:** Kapaliny i plyny samozřejmě vnitřní strukturu mají a pro jejich vlastnosti je tato struktura velice důležitá. Pro nás však zatím bude vedlejší a nebudeme se jí vůbec zabývat.

Příčina změny pohybu v mechanice – síla  $\Rightarrow$  jakou roli hrají síly u tekutin?

**Př. 3:** Nakresli do obrázku nafouknutého balónku síly, kterými působí vzduch uvnitř na stěnu balónku.



Obrázek je značně nedodělaný, síly můžeme nakreslit do každého místa balónku, některé by měly směřovat směrem k nám, některé od nás. Jejich směr se v různých místech liší, těžko určíme velikost.

$\Rightarrow$  síla není příliš vhodnou veličinou pro popis působení vzduchu na stěnu balónku.

Jaká jiná veličina by se mohla použít? Co je uvnitř balónku všude stejné? Jakou veličinu měříme, když kontrolujeme pneumatiky?

Tlak (značíme  $p$ ).

**Pedagogická poznámka:** Ne vždy studenti zareagují a přijdou s tlakem. V takovém případě je lepší jim příklad s chůzí ve sněhu (viz níže) rovnou předhodit.

**Př. 4:** Najdi v praxi situace, kdy rozhoduje velikost tlaku a ne velikost síly.

Chůze ve sněhu:

- boty  $\Rightarrow$  malá plocha  $\Rightarrow$  velký tlak  $\Rightarrow$  propadáme se,
- lyže  $\Rightarrow$  větší plocha, stejná (nebo větší) hmotnost (a tedy síla)  $\Rightarrow$  menší tlak  $\Rightarrow$  nepropadáme se (většinou).

**Př. 5:** Navrhni vzorec pro výpočet tlaku, pokud znáš působící sílu  $F$  a plochu  $S$ , na kterou působí.

Tlak, kterým působí síla  $F$  na plochu  $S$  je určen vztahem:  $p = \frac{F}{S}$ .

Stav tekutin v klidu nebo působení sil na plochu charakterizuje veličina tlak

$$p = \frac{F}{S}. \text{ Jednotkou tlaku je Pascal (Pa).}$$

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

**Př. 6:** Urči přibližnou hodnotu tlaku, kterým působíš na podlahu, když stojíš na obou nohách, a porovnej ho s tlakem 1 Pa. Plochu podrážky buď změř pomocí milimetrového papíru, nebo použij hodnotu  $100\text{ cm}^2$ .

$$m = 75\text{ kg}, S = 100\text{ cm}^2 = 0,01\text{ m}^2, p = ?$$

Stojíme na obou nohách  $\Rightarrow S = 2 \cdot 0,01\text{ m}^2$ .

$$p = \frac{F}{S} = \frac{750}{2 \cdot 0,01}\text{ Pa} = 37500\text{ Pa}$$

Na podlahu působím tlakem 37500 Pa  $\Rightarrow$  tlak 1 Pa je v porovnání s tím velmi malý.

Tlak 1 Pa je malý tlak (působení malé síly 1N na velkou plochu  $1\text{ m}^2$ ).

**Př. 7:** Navrhni způsob, jak zrealizovat tlak 1 Pa.

Tabulku běžné čokolády (100 g) rozstrouhat na plochu přibližně jedné lavice.

Běžné tlaky jsou podstatně větší  $\Rightarrow$  hodnoty v násobcích kPa nebo v MPa nebo jiné jednotky:

- $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$
- $1\text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5\text{ Pa} = 760\text{ Torr}$
- $1\text{ Torr} = 133\text{ Pa}$

**Př. 8:** Uveď příklady technických řešení, která snižují působící tlak.

Sněžnice, pásy dopravních prostředků (bagry, tanky), základy staveb, silnice.

U železniční tratě se tlak tíhy vlaku zmenšuje dokonce několikrát:

- železná kolejnice rozloží obrovský tlak z malé plochy, kterou se jí dotýká kolo vlaku, na svou větší plochu,
- dřevěné (nebo betonové) pražce rozloží sílu na větší plochu, kterou se dotýkají náspy,
- násep rozloží sílu na velkou plochu, kterou se opírá o zem.

**Př. 9:** Proč je železniční násep konstruován takto složitě? Proč se nepoužívá pouze jeden ze jmenovaných materiálů? Jaké jiné vlastnosti kromě pevnosti materiálu hrají při stavbě roli?

Kromě pevnosti materiálu hraje roli i jeho cena. Ocel je sice dostatečně pevná, ale příliš drahá, aby se z ní vyrobila konstrukce s dostatečnou plochou nutnou k opírání o zem. Ostatní materiály mají příliš malou pevnost, aby vydržely obrovský tlak pod koly vlaku.

Pokud je tlak větší než pevnost materiálu, dochází k deformaci. Příkladem jsou vyježděné „koleje“ na silnicích.

**Př. 10:** Proč jsou nejhlubší vyježděné koleje na silnicích u křižovatek nebo na autobusových zastávkách?

Auta sice působí na vozovku všude stejným tlakem, ale u křižovatek a na zastávkách podstatně delší dobu. Vytlačí tak do silnice hlubší koleje.

**Př. 11:** Vysvětli, jaký fyzikální význam má broušení nožů.

Krájení – snažíme se zdeformovat (narušit) materiál  $\Rightarrow$  potřebujeme velký tlak  $\Rightarrow$  zmenšujeme plochu (ostřením), aby stejná síla působila větším tlakem.

Podobné využití tlaku: nůžky, jehly, hřebíky, sekery, ....

**Pedagogická poznámka:** Odhady do následujícího kola je dobré zkontrolovat ještě předtím, než většina třídy začne příklad počítat.

**Př. 12:** Urči přibližně tlak v pneumatice jízdního kola s jedoucím člověkem.

Síla, kterou působí kolo s jezdcem na vozovku (tuhle sílu přenáší vzduch v pneumatice), je tíha člověka s kolem, například 70 kg.

Plocha, kterou se pneumatika dotýká vozovky, je šířka duše přibližně 3 cm. Délka, na které se dotýká pneumatika země, je přibližně 5 cm. Plocha jednoho kola je tedy  $15\text{ cm}^2$ , plocha obou kol  $30\text{ cm}^2$ .

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{70 \cdot 10}{30 \cdot 10^{-4}} \text{ Pa} = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Výsledná hodnota je přibližně dvojnásobek normálního atmosférického tlaku ( $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ).

**Př. 13:** Linoleum vydrží maximální tlak 3 MPa. Urči, jakou největší hmotnost může mít skříň, jestliže se dotýká podlahy na ploše  $20\text{ cm}^2$  a nechceme, aby poškodila linoleum.

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = pS \quad \text{dosadíme } F = mg$$

$$mg = pS$$

$$m = \frac{pS}{g} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{10} \text{ kg} = 600 \text{ kg}$$

Skříň včetně obsahu může vážit 600 kg.

**Př. 14:** Vysvětli, jak je možné, že studenti při houpání na židličkách dělají díry do lina, i když jejich hmotnost většinou nepřevyšuje 100 kg.

Důvodem je podstatně menší plocha, kterou se dotýkají podlahy (dotyková plocha je při zhoupnutí menší než plocha nohy židle). Tak mohou vyvinout větší tlak než 600 kg těžká skříň.

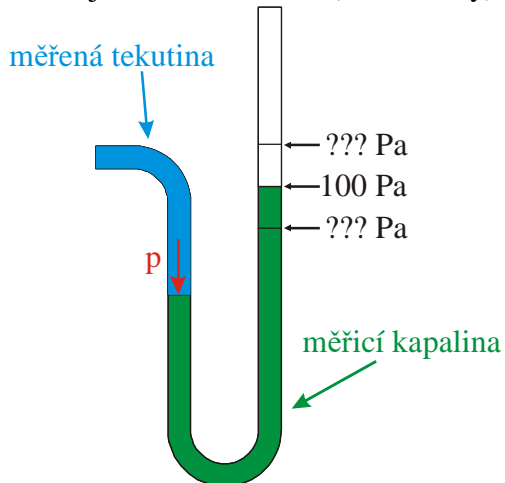
**Př. 15:** Vysvětli, proč pneumatika kola po nástupu cyklisty přilne k silnici větší plochou.

Tlak v pneumatice je přibližně stejný. Když člověk nastoupí na kolo, zvětší se síla, kterou musí pneumatika přenést na silnici. Při stejném tlaku to znamená zvětšení plochy dotyku.

**Př. 16:** Vysvětli, proč méně nafouklá pneumatika přilne k silnici větší plochou.

Uvnitř méně nafouklé pneumatiky je menší tlak  $\Rightarrow$  pro přenos stejné síly musí mít větší plochu.

Přístroje na měření tlaku (manometry):

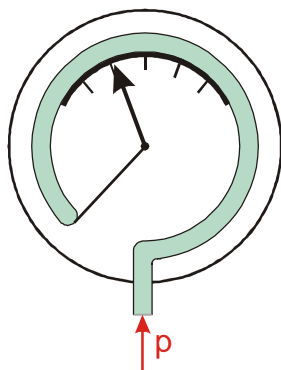


**Kapalinový manometr:**

Měřená tekutina se tlačí do trubice, a čím má větší tlak, tak tím výše vytlačí měřicí kapalinu.

**Př. 17:** Doplně k ryskám manometru hodnoty 0 Pa a 200 Pa. Rozhodnutí zdůvodni.

Měřená tekutina vytlačuje měřicí kapalinu při vyšším tlaku víc  $\Rightarrow$  ryska pro větší tlak musí být výš. Ryska pro 200 Pa tedy bude nahoře a ryska pro 0 Pa dole.



**Kovový manometr:**

Vnější tlak deformuje trubici, deformace trubice je přenášena na pohyb ručičky.

Princip dětské frkačky: děti foukají (působí tlakem – vzduch ze svých úst), tlak způsobí deformaci (narovnání) srolované papírové trubičky.

**Shrnutí:** Při popisu tekutin používáme místo sil často tlak.