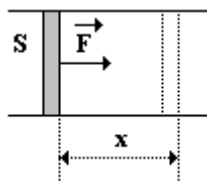


## Bernoulliho rovnice

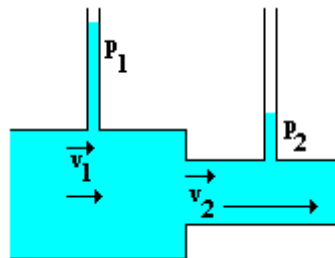
Podívejme se nyní na [rovnici kontinuity](#) z hlediska [mechanické energie](#), neboť se [změnou rychlosti kapaliny](#) se mění i její [kinetická energie](#). V zúžené části potrubí proudí kapalina větší [rychlostí](#) a má tedy i větší kinetickou energii. Z hlediska [zákona zachování mechanické energie](#) roste kinetická energie na úkor [energie](#) potenciální. Známe [potenciální energii](#) tíhovou potenciální energii (podélné osy obou průřezů jsou u vodorovného potrubí ve stejné výši, takže tato [potenciální energie](#) se nemění) a [potenciální energii pružnosti](#) (ideální kapalina je [nestlačitelná](#), takže se nemůže měnit ani potenciální energie pružnosti). U proudící kapaliny se jedná o změnu energie, která souvisí s [tlakem](#) proudící kapaliny - **tlaková potenciální energie**.

Tuto energii známe z praxe: voda proudící z poškozeného potrubí je schopna konat [práci](#) - trhá potrubí, odplavuje zeminu, poškozuje silnici, ...

Tlaková potenciální energie kapaliny je určena prací, kterou může vykonat tlaková [síla](#) o velikosti  $F = pS$ , posune-li píst o obsahu  $S$  o vzdálenost  $x$  (viz obr. 192). Pro tlakovou potenciální energii tedy platí vztah  $E_p = W = Fx = pSx = pV$ . Pro [proudění](#) ideální kapaliny platí zákon zachování mechanické energie:  $E_k + E_p = konst$  - kinetická energie proudící kapaliny se tedy zvětšuje na úkor její tlakové potenciální energie.



Obr. 192



Obr. 193

Potom je možné zákon zachování mechanické energie psát ve tvaru:  $E_k + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + pV = \frac{1}{2}\rho Vv^2 + pV = konst$ . Vyjádříme-li nyní energii připadající na [jednotku](#) objemu, dostáváme:  $\frac{1}{2}\rho v^2 + p = konst$ : Součet kinetické a tlakové potenciální energie kapaliny o jednotkovém objemu je ve všech částech vodorovné trubice stejný.

Rovnice vyjadřuje [zákon zachování energie](#) v proudící ideální kapalině. Po svém objeviteli se nazývá **Bernoulliho rovnice**:  $\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2$ . Pokud je  $v_1 < v_2$ , pak je  $p_1 > p_2$ . Člen  $\frac{1}{2}\rho v^2$  se nazývá dynamický tlak, člen  $p$  tlak statický.

Zúžením průřezu potrubí lze dosáhnout takové zvýšení [velikosti rychlosti](#) proudící kapaliny, že její tlak klesne v zúženém místě pod hodnotu [atmosférického tlaku](#). Tím vznikne podtlak a bude docházet k nasávání [vzduchu](#) do manometrické trubice.

Na tomto principu fungují vodní vývěvy, rozprašovače na květiny, mechanické rozprašovače u parfémů, v karburátorech [spalovacích motorů](#), ...

Poznatek o snížení tlaku kapaliny v zúženém místě potrubí byl nazván **hydrodynamické paradoxon**, i když ani zde nejde o žádný paradox; z fyzikálního hlediska je vše naprosto v pořádku. Analogicky byl zaveden pojem **aerodynamické paradoxon**, který vzniká u proudícího plynu.

U vzduchu lze aerodynamické paradoxon demonstrovat foukáním mezi dva listy papíru, které se ještě více přiblíží k sobě, ačkoliv bychom mohli očekávat, že se od sebe oddálí. Proudící vzduch

mezi listy papíru snižuje tlak vzduchu v prostoru mezi nimi. Vnější [atmosférická síla](#) pak listy papíru přimáčkne k sobě.

Vyjádření Bernoulliho rovnice pro plyny je složitější, protože u plynů se velmi podstatně se změnou tlaku mění i jejich hustota.

Velikost rychlosti kapaliny vytékající z nádoby je možné určit na základě zákona zachování energie. V blízkosti otvoru v hloubce  $h$  pod volným povrchem kapaliny se mění tlaková potenciální energie v kinetickou energii (obě o jednotkovém objemu):  $\frac{1}{2} \rho v^2 = h \rho g$ , odkud  $v = \sqrt{2gh}$ .

---

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všeticka**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.