

Bernoulliho rovnice

Přednášející: Jan Kohout

Z historie

Daniel Bernoulli (8. 2. 1700 - 17. 3. 1782)

- švýcarský fyzik a matematik
- zakladatel hydrodynamiky
- experimentální i teoretické studium kapalin
- dílo Hydrodynamica (1738)

Bernoulliho rovnice - obecně

- užívá se v mechanice tekutin
- vyjadřuje zákon zachování mechanické energie pro ustálené proudění ideální kapaliny v uzavřené trubici
- tlak proudící kapaliny klesá s rostoucí rychlostí (tzv. *Hydrodynamický paradox*)

Bernoulliho rovnice - odvození I

E_k ... kinetická energie kapaliny

$$- E_k = 1/2mv^2 = 1/2\rho Vv^2$$

E_p ... potenciální, respektive tlaková energie kapaliny

$$- E_p = pV$$

(ρ ... hustota, V ... objem, v ... rychlost proudění, p ... tlak)

Ze zákona zachování energie: $E_k + E_p = \text{konst.}$

$$1/2\rho Vv^2 + pV = \text{konst.} \quad | :V$$

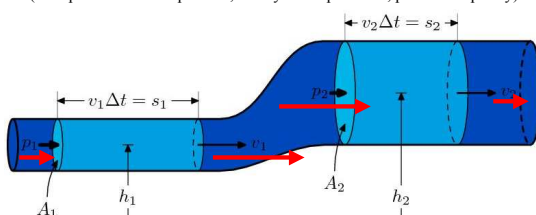
$$1/2\rho v^2 + p = \text{konst.}$$

Bernoulliho rovnice - důsledky

$$1/2\rho v^2 + p = \text{konst.} \quad \dots \text{Bernoulliho rovnice}$$

Závěr: $v^2 \sim 1/p$ (zvýšení rychlosti \sim snížení tlaku)

(A ... plocha svislého průřezu, v ... rychlost proudění, p ... tlak kapaliny)

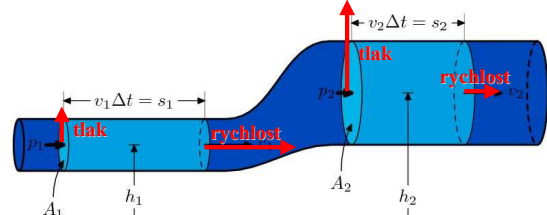


Z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:BernoullislawDerivationDiagram.png>

Bernoulliho rovnice - odvození II

$$1/2\rho v^2 + p = \text{konst.} \quad \dots \text{Bernoulliho rovnice}$$

Při vyšší rychlosti proudění molekuly tekutiny „nestíhají“ vybíhat do stran a vyvolávají proto *menší tlak*, než při nižší rychlosti.



Z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:BernoullislawDerivationDiagram.png>

Rovnice spojitosti toku

Z rovnice spojitosti toku:
 $V = \text{konst.} \Rightarrow Sv = \text{konst.}$
(V ... objem kapaliny, S ... plocha svíslého průřezu, v ... rychlost proudění)

$$\Rightarrow S \sim 1/v$$

(větší průřez \Rightarrow menší rychlost)

Shrnutí pro praxi

$$1/2\rho v^2 + p = \text{konst.}$$

(vyšší rychlost \Rightarrow menší tlak)

$$S \sim 1/v$$

(větší průřez \Rightarrow menší rychlost)

tzv. Hydrodynamický paradox

Tlak v proudící kapalině je nepřímo úměrný rychlosti proudění kapaliny, neboli, v užší části trubice, kde kapalina proudí rychleji, má kapalina menší tlak.

Praxe

Míček ve vzduchovém proudě vysavače - díky rychlejšímu proudění vzduchu je udržován v proudění i při náklonu

Rozstřikovače - rychle proudící vzduch nad tryskou snižuje tlak a voda je z trysky vystřikována ven

Vodní vývěvy - rychle proudící voda snižuje tlak a „vycucává“ vzduch z druhé trubice

Letadlo (křídlo) - snížení tlaku (vlivem různých rychlostí proudícího vzduchu), díky kterému je letadlo nadnášeno, vychází právě z Bernoulliho rovnice

Proto se taky v letadle nemá za letu větrat...

Praxe ze života

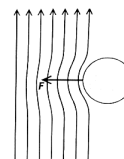
„Vycucnutí“ cyklisty do silnice po průjezdu nákladáku

- zde hraje roli vysoká rychlost proudění vzduchu a následné snížení tlaku, ale také turbulentní proudění

U jezu - síla držící plavce přímo pod padající vodou

- plavec je prouděním vody (vlivem snížení tlaku) udržován na místě

- Jak z toho ven? Buď se nechá vytáhnout někým jiným (pomocí pádla nebo větve), anebo se potopí... a nechá se proudem odnést z dosahu padající vody (i zpětných proudů) .-)



Námět, zdroje

Námět:

Josef Nahodil, *Fyzikální pokus a běžný život*
(Veletrh_04/04_15_Nahodil.html)
Marcela Nevedelová, *Bernoulliho rovnice trochu jinak*,
(Veletrh_04/04_09_Kvasnicova.html)

Zdroje:

<http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/>
<http://cs.wikipedia.org/>
Bednařík, Šíroková - Fyzika pro gymnázia - Mechanika

Autor



Přednášející:

Jan Kohout, 4.C (šk. r. 07/08)

Výroba



JankoSoft

Děkuji za pozornost