

PROUDĚNÍ KAPALIN

(zásobník úloh a námětů do výuky)

Zásobník slouží jako zdroj příkladů a námětů pro učitele, tudíž zde nejsou metodicky rozpracované hodiny. Vyučující zde ale naleznou nápady, které mohou zakomponovat do výuky.

Zásobník je rozdělen na následující části:

- Zásobník úloh – základní úroveň
- Zásobník úloh – pokročilá úroveň
- Náměty do výuky



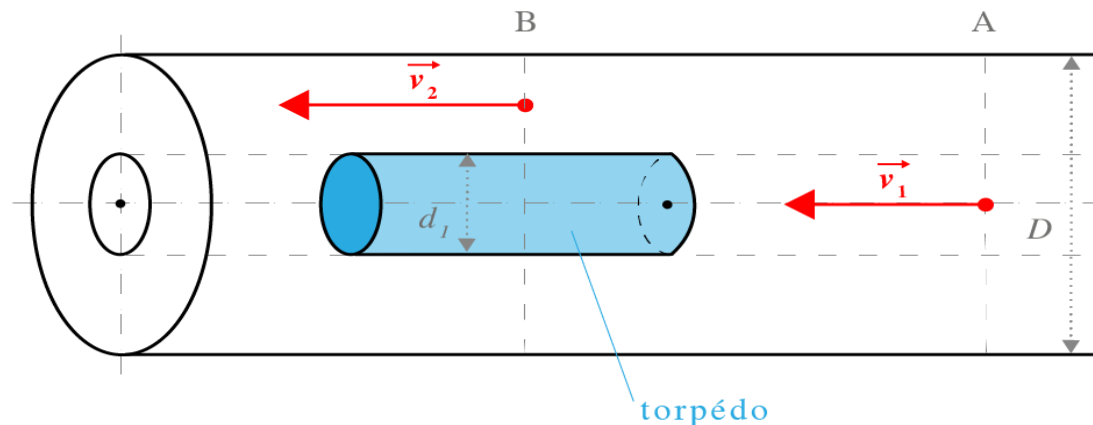
Zásobník úloh – základní úroveň

1. Torpédo

Torpédo je zbraň, která je určena k ničení hladinových lodí nebo ponorek. Má válcovité tělo, v němž je umístěna pohonná jednotka, řídicí logika a nálož.

Modely torpéd bývají zkoušeny ve vodorovné trubici s proudící vodou podobně jako modely letadel v aerodynamickém tunelu. Uvažujme, že do takové trubice o vnitřním průměru 25 cm umístíme souose model torpéda, který má průměr 5 cm. V potrubí bez torpéda proudí voda rychlostí $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- Jaký byl objemový průtok vody v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$?
- Jakou rychlostí musí voda proudit v místech, kde je její proud zúžen modelem?
- Jaký je rozdíl tlaku vody v trubici mezi místem, kde se nachází model, a ostatními částmi trubice?



Odpověď:

- $118 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- 245 Pa

2. Rozvod vody

Ve vodovodním rozvodu o průměru 26 mm je udržován tlak 0,3 MPa a voda v něm proudí rychlostí $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vodovodní rozvod je redukován na místní úroveň s průměrem 10 mm.

- Jaká bude rychlost proudění vody v místním rozvodu?
- Jaký tlak bude v místním rozvodu?
- Jakou rychlost by musela mít voda v místním rozvodu, aby tlak klesl pod 100000 Pa ?
- Jaký průměr by musela mít trubka, ve které by tlak klesl pod 100000 Pa , a voda by netekla?
- Zhodnoťte reálnost výsledku úlohy d) vzhledem k reálným rozvodům v domě.





Odpověď:

- a) $2,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- b) $0,307 \text{ MPa}$
- c) $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- d) $3,7 \text{ mm}$
- e) Trubky rozvodu vody v domě mají většinou průměr $\frac{1}{2}$ " ($\frac{1}{2}$ coulu), tj. 13 mm , rozvod o tomto průměru je příliš úzký.

3. Najděte chyby v dané argumentaci a ověřte s pomocí aplikace.

Rychlost kapaliny proudící trubicí je přímo úměrná ploše příslušného průřezu trubice. To znamená, že ve větším průřezu je rychlost větší a v menším průřezu je rychlost menší, aby protékalo celou trubicí stále stejné množství tekutiny.

Aby kapalina protékala vodorovnou trubicí, musí na ni působit ve vstupním otvoru trubice jednostranný vnitřní tlak, buď tlakem pístu, nebo hydrostaticky. V užším místě trubice je sice rychlost menší, ale zvětší se tam hydrostatický tlak kapaliny.

Odpověď:

Rychlost kapaliny proudící trubicí je nepřímo úměrná ploše příslušného průřezu trubice. To znamená, že ve větším průřezu je rychlost menší a v menším průřezu je rychlost větší, aby protékalo celou trubicí stále stejné množství tekutiny.

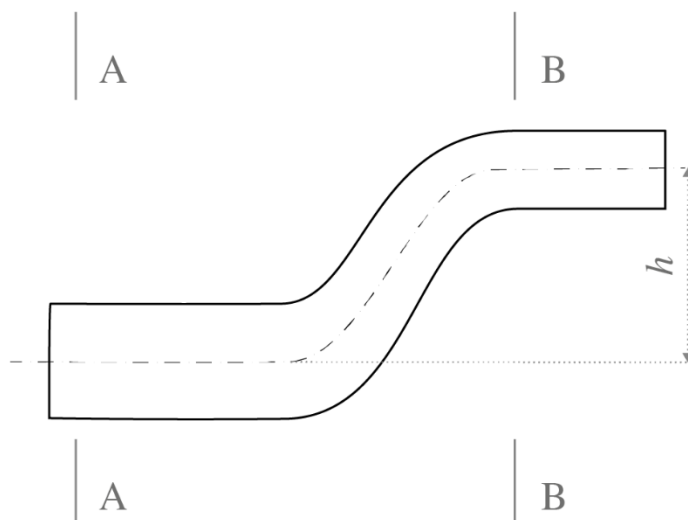
Aby kapalina protékala vodorovnou trubicí, musí na ni působit ve vstupním otvoru trubice jednostranný vnější tlak, buď tlakem pístu, nebo hydrostaticky. V užším místě trubice je sice rychlost větší, ale zmenší se tam hydrostatický tlak kapaliny.



Zásobník úloh – pokročilá úroveň

1. Proudění vody potrubím v domě

Potrubím na obrázku je realizována část rozvodu vody v rodinném domě. Potrubí vede od vodárny a má průměr $\frac{3}{4}$ " ($\frac{3}{4}$ coulu). Voda z vodárny proudí pod tlakem 500 kPa. Ve výšce 5 metrů je potrubí zúženo na $\frac{1}{2}$ ". Vodárna dodává do rozvodu každou 1 sekundu 1 litr vody.

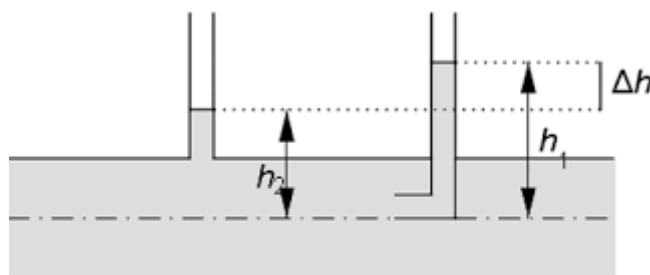


- Dohledejte převod průměru v coulech na milimetry.
- Vypočítejte rychlost proudící vody v potrubí za vodárnou.
- Vypočítejte rychlost proudící vody v potrubí v užším profilu.
- Určete hodnotu poklesu tlaku v potrubí.
- Jaký průměr by musela mít trubka, ve které by tlak klesl pod 100000 Pa, a voda by netekla?

Odpověď:

- $\frac{3}{4}$ " = 19 mm, $\frac{1}{2}$ " = 13 mm
- 0,07 m.s⁻¹
- 0,16 m.s⁻¹
- 50 kPa
- 1,1 mm

2. Pitotova trubice





Konstrukce popsaná na obrázku našla uplatnění zejména v leteckém průmyslu při konstrukci rychloměrů letadel. Proudícím médiem není kapalina, ale vzduch, a zjednodušeně lze říci, že z rozdílu tlaků v rovné a ohnuté trubici lze určit rychlost letadla.

Naměřená výška hladiny v levé trubici byla 10 cm, v pravé trubici 30 cm.

- Jaká byla rychlost proudění vody v místě ohybu pravé trubice?
- Jaký byl rozdíl tlaků v manometrických trubicích?
- Jaká byla rychlost proudící kapaliny?
- Najděte na internetu vylepšenou variantu Pitotovy trubice, která přesněji měří menší rychlosti. O jakou trubici se jedná?

Odpověď:

- $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- 2000 Pa
- $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Prandtlůva trubice

3. Výtok vody

“Kam přijde energie z tekoucí vody?”

Tato otázka byla už dávno studována na horských bystřinách a vodopádech. Energie v tekoucí vodě se mění na teplo. Bystřina se trochu ohřívá. Není to velký rozdíl, a přece stačí, aby údolí bystřin byla porostlá bohatší vegetací proto, že rostlinám prospěje i malé, ale trvalé zvýšení teploty. Část energie vody je též spotřebuje na erosivní účinky (vymílání břehů a dna) a na omílání unášených kamenů atd.”

DOBROVOLNÝ, Bohumil; MAZUREK, Alois. *Technická fyzika zajímavě pro každého*. Praha: Vydavatelstvo ROH-PRÁCE, 1955.

- Jak se změní teplota vody při pádu z výšky 30 m? Mohlo by mít toto zvýšení teploty vliv na bohatší růst rostlin, jak tvrdí publikace?
- V aplikaci simulujte proudění reálné kapaliny potrubím. Nastavte při tom libovolné parametry.
- Jaký je význam Reynoldsova čísla, které se vypisuje u aplikace?
- Pokud nastavíte parametry, jako jsou na obrázku, vyjde Reynoldsovo číslo 5000. Jaké to má důsledky pro proudění vody v potrubí?

Rychlost proudění v : $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Délka potrubí l : 1 m
Průměr potrubí d : 1 cm
Tlak v potrubí Δp : 1600 Pa
Reynold's number Re : 5000

Odpověď:

- $0,07 \text{ }^\circ\text{C}$, nemělo
- Reynoldsovo číslo je bezrozměrná veličina, s jejíž pomocí je možné určit, zda je proudění tekutiny laminární, nebo turbulentní.
- Proudění by již mělo být turbulentní.





Náměty do výuky

1. Rubensova trubice

Změny tlaku v kapalině, vyvolané změnou rychlosti proudu v potrubí, se využívají ve vodních čerpadlech zvaných trkač (angl. ram pump, hydraulic ram). Rychlé uzavření trkacího ventilu vyvolá tlakové rázy, které umožňují čerpání vody do vyšších poloh.

Ze stejných důvodů do vodovodů montují ventily, které nejde rychle uzavřít, aby tlakové rázy nepoškodily rozvod vody.

2. Křídlový člun je druh plavidla, které v klidu vypadá jako běžný člun. Pod vodou však ukrývá nosná křídla, která při vyšších rychlostech vytvářejí vztlak, a trup se nadzvedne nad hladinu, přičemž křídla zůstanou ponořena. Křídla se chovají podobně jako křídla letadla. Ponořená křídla mají úzký profil, takže na ně působí malý odpor vody a člun se může pohybovat vysokými rychlostmi.

3. V rychle proudící vodě může být statický tlak nižší, než je atmosférický tlak. Toho využívají vodní vývěvy. Do proudu vody se díky podtlaku nasaje vzduch z evakuovaného prostoru.

