

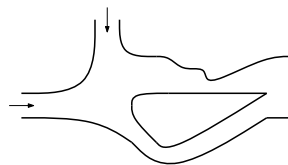
Úloha I.2 ... proudivé proudnice

2 body; průměr 1,44; řešilo 108 studentů

Nakreslete do obrázku proudnice. Do obou otvorů s šipkou vtéká stejné množství vody, všechna voda pak vytéká jediným, třetím otvorem. Proudění je ustálené a probíhá dostatečně pomalu, abychom ho mohli považovat za nevířivé. Při kreslení dbejte na pravidla, jimiž se tvar proudnic řídí a tato pravidla napište jako komentář k obrázku. Neočekáváme, že bude problém spočítán.

Poznámka Kreslete do většího obrázku dostupného z webu.

Karel, inspirace tím, že četl něco o odporu a proudnicích.



Nejprve si musíme uvědomit, co je to vlastně proudnice. Za předpokladu, že tekutina, ve které proudnice pozorujeme, je nestlačitelná a proudění v ní je ustálené (jako v našem případě, kdy vodu považujeme za nestlačitelnou), potom je proudnice trajektorie pohybu částice v proudící kapalině. Každým bodem proudící kapaliny prochází právě jedna proudnice a vektor rychlosti částice je vždy tečnou k příslušné proudnici.

Když nyní víme, co to proudnice je, musíme si uvědomit, že platí několik základních podmínek, které v žádném případě nesmí být porušeny:

- Proudnice se nesmí vzájemně křížit ani dotýkat, protože částice kapaliny skrz sebe nemohou prostupovat (nesmí se dotýkat ani okrajů, jimiž je kapalina ohraničena)
- Proudnice jsou spojité a „hladké“ křivky, rozhodně na nich nemohou být ostré zlomy (kapalina zatáčí postupně, ne skokově).
- Proudnice nikde nevznikají ani nezánikají, na začátku vstoupí do zkoumaného prostoru a stejný počet jich musí vystoupit. Jinak by to znamenalo, že se někde kapalina ztrácí a jinde se tvoří, když jako v našem případě neuvažujeme kapacitu prostředí (tzn. že by se někde mohla voda hromadit, aniž by odtud odtékala). Proudnice také nikdy neutvoří uzavřenou křivku (to by odpovídalo víru v kapalině).
- V užších místech jsou proudnice více nahuštěné, což odpovídá větší rychlosti proudění kapaliny.

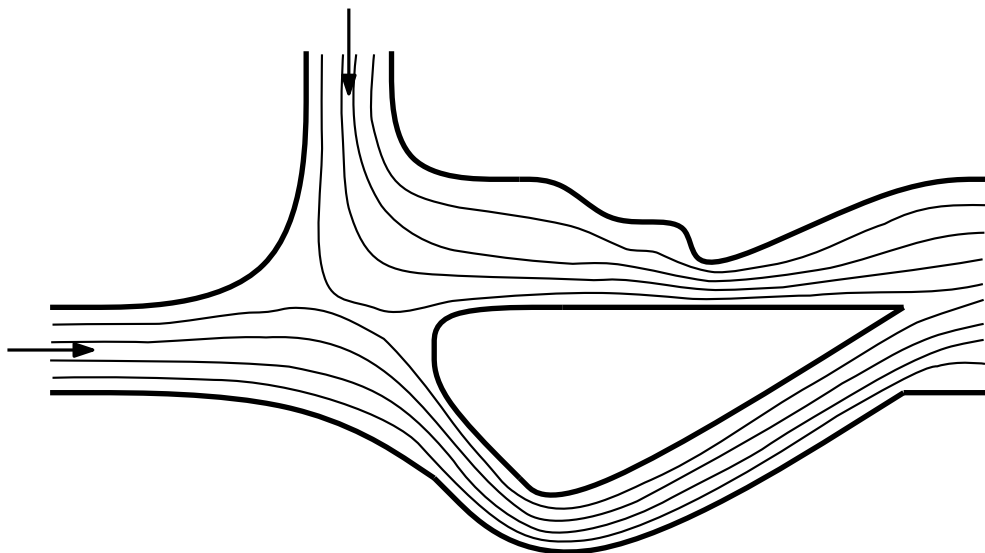
Každému je jasné, že nemůžeme do obrázku zakreslit všechny proudnice (je jich příliš mnoho). Počet zakreslených proudnic proto volíme tak, aby byl obrázek přehledný a zároveň měl dostatečnou vypovídací hodnotu, přičemž proudnice musíme na vstupu do zkoumané oblasti rovnoměrně rozdělit, čímž zvyšujeme vypovídací hodnotu náčrtu. V našem případě jsme zvolili 8 proudnic, což je tak akorát (s menším počtem už by nákras neměl moc velkou vypovídací hodnotu a s větším počtem už začíná být nepřehledný).

Poslední důležitá věc je, že když každým otvorem přitéká stejné množství vody, musí každým otvorem také vstupovat stejné množství proudnic (protože ty jsou na začátku rovnoměrně rozloženy).

Obtékání předmětů kapalinou je obecně velmi těžká úloha, není vůbec snadné vyřešit, jak přesně budou vypadat proudnice v zatáčkách nebo v okolí překážek, ale to ani nebylo smyslem této úlohy. Pro udělení plného počtu bodů stačí, když se při kreslení obrázku budete držet všech pravidel, která jsme doposud zmínili.

Nyní už můžeme začít kreslit obrázek. Proudnice kreslíme od ruky, žádná velká přesnost se nevyžaduje. Výsledek může vypadat například jako na obrázku 1.

V obrázku 1 je ostrůvek vprostřed obtékán rovnoměrně (nad ním i pod ním vedou 4 proudnice), je možné, že ve skutečnosti by tomu tak nebylo (provedení přesného výpočtu nebo simulace by bylo velmi náročné), proto bude za správné řešení považováno i nerovnoměrné obtékání ostrůvku, pokud se dodrží všechna už zmíněná pravidla.



Obr. 1: Znázornění vybraných proudnic.

Při naší úvaze jsme nebrali v úvahu tření kapaliny o hrany (uvažujeme, že je velmi malé a jeho efekt můžeme tedy zanedbat), viskozitu kapaliny (předpokládáme, že je malá a rozměry trubic na obrázku dostatečně velké, aby se její vliv neprojevil), povrchové napětí kapaliny (jeho efekty budou velmi malé a také je zanedbáme) a mnoho dalších pro nás nedůležitých vlastností reálných kapalin.

Michal Nožička
nozicka@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.