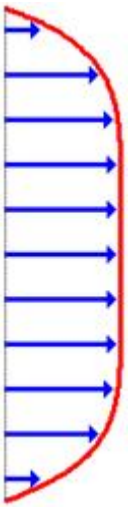
Vznik mezní vrstvy tekutiny

V řadě praktických aplikacích proudění reálných tekutin hraje důležitou roli tzv. mezní vrstva tekutiny. Její vznik je principiálně pro kapaliny a plyny stejný.

Matematicko-fyzikální popis vzniku mezní vrstvy je značně složitý a liší se pro kapaliny a plyny v důsledku některých jejich odlišných vlastností.

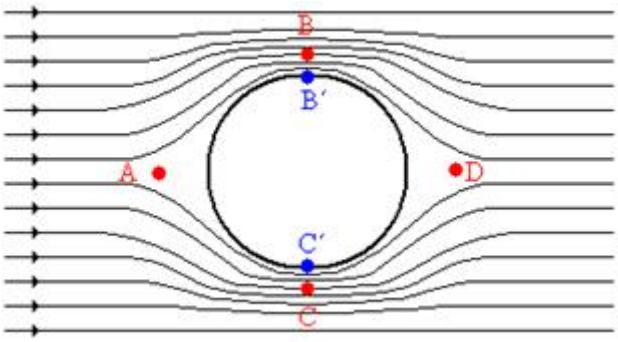
Vznikne-li v proudící tekutině turbulentní proudění, znamená to, že se v tekutině rozvinuly znatelně víry a tekutina se promíchává. Rychlost (tj. jak velikost tak i směr) jednotlivých částic proudící tekutiny se nepravidelně mění a proudění už není ani stacionární. Profil rychlostí už není stacionární jako při laminárním proudění, ale rychlost téměř v celé vnitřní části trubice je přibližně konstantní - vyjma tenkou vrstvu při stěně trubice, v níž prudce roste velikost rychlosti v závislosti na vzdálenosti od stěny trubice (viz obr. 197).



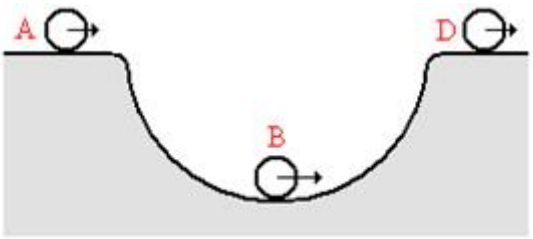
Obr. 197

Rozvinutí (vznik) vírů při obtékání tělesa vloženého např. do proudu kapaliny lze vysvětlit analogií s pohybem kuličky v dolíku.

Začneme nevířivým prouděním, které vzniká v kapalině bez vnitřního tření kolem válce vloženého do této kapaliny. Kapalina proudí kolem válce a v důsledku jejího obtékání kolem válce se mění velikost rychlosti kapaliny v jednotlivých místech kolem válce (viz obr. 198). V bodech *A* a *D* je velikost rychlosti kapaliny téměř nulová, protože v bodě *A* se proud kapaliny rozděluje do dvou navzájem skoro opačných směrů, v bodě *D* se proud spojuje v jeden ze dvou navzájem opačných směrů.



Obr. 198



Obr. 199

Nulová rychlost proudící kapaliny v bodech *A* a *D* vyplývá ze symetrického tvaru obtékaného tělesa. V případě, že by těleso nebylo symetrické, by tato podmínka nemusela být splněná.

V bodech *B* a *C* je velikost rychlosti proudící kapaliny největší. V těchto bodech nastává zhuštění proudnic proudící kapaliny.

Proudnice jsou vložením válce „roztaženy“ od sebe.

V místech, kde proudí kapalina větší rychlostí, klesá tlak kapaliny o hodnotu rovnou přírůstku kinetické energie vztažené na jednotku objemu, tj. o hodnotu dynamického tlaku $\frac{1}{2}\rho v^2$, kde ρ je hustota kapaliny a *v* velikost rychlosti proudící kapaliny. Mezi body *A* a *B* resp. *A* a *C* je proto tlakový spád, který kapalinu urychluje. Mezi body *B* a *D* resp. *C* a *D* na rozdíl od toho tlak roste. Částice kapaliny se tak vlastně pohybují z místa menšího tlaku do místa většího tlaku. Energii nutnou pro tento pohyb částice získají z přírůstku kinetické energie v bodech *B* resp. *C*. Ze zákona zachování energie vyplývá, že částice kapaliny budou mít za bodem *D* stejnou rychlost jakou měly před bodem *A*.

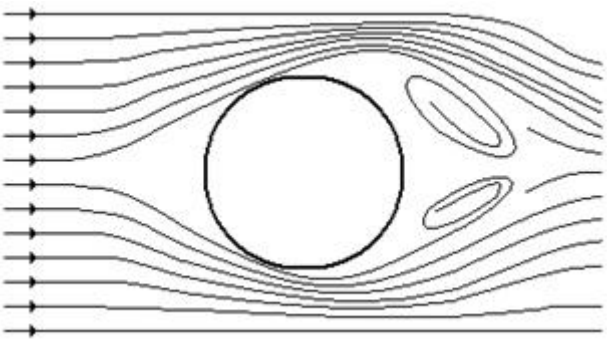
Chování částic kapaliny je ekvivalentní s pohybem kuličky, která se valí bez tření po vodorovné podložce do dolíku, z něhož zase vystoupá do původní výšky nad jeho dnem (viz obr. 199). Rozdíl výšek bodů *A* a *B* odpovídá tlakovému spádu mezi body *A* a *B* (resp. *A* a *C*) z obr. 198, rozdíl výšek bodů *B* a *D* pak odpovídá opětovnému nárůstu tlaku mezi body *B* a *D* (resp. *C* a *D*) na obr. 198. V bodě *B* má kulička nejvyšší velikost rychlosti a tedy i nejvyšší kinetickou energii, která se přemění zpět na potenciální v bodě *D*. Kulička tak má v bodě *D* stejnou rychlost jako v bodě *A*.

Bude-li se ovšem kulička pohybovat v reálném prostředí, v němž působí třecí síly a odporové síly, potom se samovolně z dolíku nedostane. Část kinetické energie, kterou získá na úkor potenciální energie, se v dolíku přemění na práci nutnou k překonání třecích a odporových sil. Proto kulička nevystoupí až do bodu *D*; v části dolíku mezi body *B* a *D* se zastaví a začne se samovolně vracet zpět do bodu *B* (viz obr. 201).

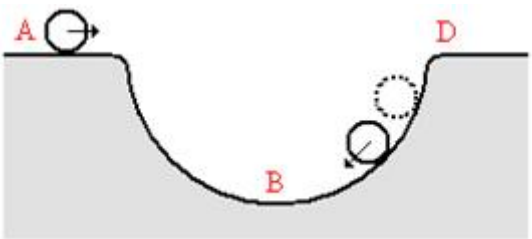
Analogická situace nastává v proudící kapalině, která má vnitřní tření. Kapalina lpí na tělesu, tj. na povrchu tělesa je v klidu. Ve velmi tenké vrstvě, která se nazývá **mezní vrstva** tedy stoupá velikost rychlosti z nulové hodnoty v bodě B' (resp. C') na určitou nenulovou hodnotu v bodě *B* resp. *C* (viz obr. 198). Vlivem vnitřního tření může navíc v mezní vrstvě vzniknout mezi body *D* a *B* (resp. *D* a *C*) zpětný proud.

Kapalina se prostě začne vracet zpět proti směru svého původního pohybu podobně jako kulička, která při výstupu z dolíku nemá dostatek energie na jeho opuštění.

Tak se začne část kapaliny za válcem otáčet a vzniknou dvojice vírů točících se navzájem v opačných směrech (viz obr. 200). Kapalina proudící kolem vírů unáší střídavě jeden a pak druhý vír s sebou a tak vzniká jev, který pozorujeme při pohybu tělesa v kapalině nebo při obtékání tělesa kapalinou.



Obr. 200



Obr. 201

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.