

Dýmkové kroužky

Tomáš Hejda, Eduard Černák

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
tohe@centrum.cz

Abstrakt

Nepříliš často dnes můžeme vidět pouštění kroužků z dýmkového či cigaretového kouře. Příspěvek se pokouší matematicko-fyzikálně popsat tento zajímavý jev a předvést pomocí jednoduché aparatury, jak se kroužky tvoří. Nejzajímavější část bude věnována demonstraci, co se stane, když takové kroužky necháme srážet.

1 Úvod

Mistři fajfky tvoří kroužky v ústech. Samotný princip je velice jednoduchý — prudkým pohybem jazyka nebo rázovitým krátkým vydechnutím docílíme toho, že se kroužek vytvoří. Toto lze velmi dobře simulovat pomocí nádoby s měkkou (blanitou, igelitovou, ...) zadní stěnou a s otvorem ve přední stěně, přičemž požadovaného jevu docílíme úderem do zadní stěny.

2 Fyzikální podstata jevu

Tvorba kroužků. Kroužky se tvoří na rozhraní nádoby a okolního prostředí, přímo na hraně otvoru. Proud vzduchu vytlačovaný z nádoby strhne okolní stojící vzduch a vznikne vír podél celé hrany otvoru; vír má tvar torusu a částice rotují směrem ven (tedy částice uvnitř postupují rychleji, zatímco částice vně postupují od nádoby pomaleji nebo se dokonce vrací).

Stabilita kroužku. Abychom dobře popsali stabilitu kroužku, zavedeme fyzikální veličinu vírovost (viz [1]), která je definována vztahem

$$\vec{\Omega} = \text{rot } \vec{v}.$$

Platí $\text{div } \vec{\Omega} = \text{div rot } \vec{v} = 0$, vírovost tedy tvoří uzavřené čáry, které v tomto případě procházejí skrz celý kroužek po jeho délce a postupují s ním kupředu tak, jak je unášen počátečním proudem vzduchu. Stabilitu zajišťuje fakt, že vírovost tvoří rotující pole, které má tendenci šířit se prostorem a je zjednodušeně řečeno odolné vůči snahám jej změnit.

3 Kolize kroužků

Kolize kroužků jsou velmi složitě exaktně popsatelné, a proto zvolíme přístup spíše intuitivní. Z teorie však víme, že ve vzduchu je díky malé viskozitě a malé hustotě téměř zanetbatelné tření a naopak hraje významnou roli tlak a unášení částic.

Kroužek proti stěně. Kroužek sám o sobě strhává do svého vnitřku okolní vzduch a tím se pozvolna roztahuje. Ve chvíli, kdy se kroužek těsně přiblíží ke stěně, dojde k jeho roztažení a ztenžení až do úplného rozpadnutí.

Dva stejně velké kroužky proti sobě. Tato situace je velmi podobná té přechází s tím, že jev je u každého z nich ještě posílen vlivem druhého kroužku. Opět tedy dojde k jejich roztažení.

Dva rozdílně velké kroužky proti sobě. Je-li jeden kroužek výrazně menší než druhý, může se stát, že se navzdory působícím silám „protáhne“ vnitřkem většího kroužku. Je to však velmi nepravděpodobné a když už to nastane, kroužky se obvykle velmi rychle rozpadnou.

Dva kroužky proti sobě, které se sráží jen svými částmi. V takové situaci obvykle rychlejší či mohutnější kroužek „odstřelí“ část svého protějšku a tím jej celý zničí.

Dva kroužky za sebou. Pokud pošleme dva kroužky za sebou tak, že rychlejší dohání pomalejší, kroužky začnou rotovat kolem sebe, jako kdyby tvořily jeden větší kroužek (rotace tedy bude ve stejném směru), oba kroužky od sebe bude ovšem stále možné rozeznat. Taková situace je však velmi nepravděpodobná a nám se jí nepodařilo vytvořit.

4 Experiment

V experimentu jsme použili dvě nádoby o délce přibližně 20 cm a šířce 15 cm u menší válcové a 20 cm u větší krychlové, obě s kruhovým otvorem o velikosti cca 4 cm. Jako blány jsme u menší použili nafukovací balonek, u větší pak PE folii známou též jako PE-bal či Euro-obal. Pro zviditelnění kroužku jsme použili kouř vzniklý špatným sfouknutím několika sirek uvnitř nádoby.

Zjistili jsme, že je velmi náročné trefit se dvěma kroužky proti sobě tak, aby se chovaly předpokládaným způsobem. Největší obtíží byl fakt, že vzduch uvnitř nádob byl od sirek zahřátý a kroužky měly tendenci stoupat nestejnými rychlostmi vzhůru.

5 Shrnutí

Podařilo se nám vytvořit kroužky podobné těm, které vyfukují kuřáci ze svých úst, a současně jsme osvětlili jejich chování.

Poděkování

Autoři děkují organizátorům 16. Mezinárodního Turnaje mladých fyziků, jejichž úloha č. 15 (viz [3]) byla podnětem pro hlubší zkoumání problému. Poděkování patří také studentům Gymnázia Christiana Dopplera v Praze, jejichž řešení úlohy turnaje [2] bylo odrazovým můstkem autorů.

Reference

- [1] R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands. *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady*. Díl 2. FRAGMENT 2001.
- [2] Tým řešitelů Gymnázia Christiana Dopplera. *Úloha č. 15: Vortices*. 16th International Young Physicists Tournament. Praha 2003.
- [3] *The 16th International Young Physicists Tournament*.
<http://www.fyrisskolan.uppsala.se/iypt/> [2007-06-19]