

Když máte dost peněz...

VĚRA KOUDELKOVÁ

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

V příspěvku jsou popsány tři pomůcky (tlustá měděná trubka, hydrofobní sprej, gadolinium), které sice patří mezi dražší, ale lze pomocí nich ukázat netradičním způsobem některé známé jevy. Popsány jsou zkušenosti s danou pomůckou, některé experimenty a uvedeno je i to, kde lze pomůcku koupit.

Úvod

V experimentech popsaných v příspěvku jsou používány tři netradiční pomůcky – tlustá měděná trubka, hydrofobní sprej, gadolinium. Jejich výhodou je, že se s nimi studenti nemají možnost setkat a jsou pro ně tak překvapivé, nevýhodou je poměrně vysoká cena. V jednotlivých částech příspěvku jsou vždy uvedeny základní informace o pomůcce včetně možnosti, kde ji lze koupit, následují vybrané náměty na experimenty.

Trubka

Inspirací k experimentům s tlustou měděnou trubkou bylo video [1]. Koupená trubka má vnější průměr 4 cm, vnitřní průměr 2 cm a je 50 cm dlouhá. Na některé experimenty je využíván kratší kus trubky o délce přibližně 10 cm.

Dodavatelem trubky je firma Inkosas (viz [2]), cena je přibližně 6 000 Kč za 0,5 metru.

Padání magnetu

Jestliže trubkou pustíme neodymový magnet odpovídajícího průměru (např. s průměrem 1,8 cm) padá rovnoměrným pohybem, naměřena byla rychlost přibližně 2,2 cm/s. Pád je tak výrazně pomalejší než při použití běžnější trubky s tloušťkou stěny přibližně 2 mm. K detekci polohy magnetu v trubce je vhodné použít magnetickou detekční folii (obr. 1a) tak, aby všichni studenti viděli, kde zrovna magnet je – získají tak lepší představu o rychlosti pádu.

Experimenty s krátkou trubkou

Na dno svisle postavené krátké trubky (o délce přibližně 10 cm) umístíme neodymový magnet o průměru přibližně 1,8 cm (tak, aby magnet byl položený

na stole a trubka stála okolo něj). Jestliže trubku zvedneme, zvedne se díky vířivým proudům i samotný magnet a trvá několik sekund, než z trubky vypadne.

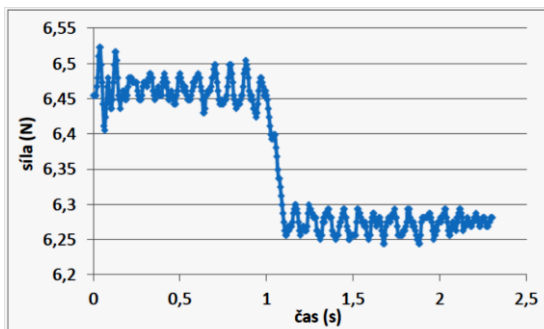
Ke krátké trubce položené na bok přiblížíme seshora větší neodymový magnet (vyzkoušený je např. kvádr o rozměrech $5 \times 2,5 \times 1$ cm). Pokud s ním uhne do strany, trubka se bude díky vířivým proudům kutálet za magnetem (viz obr. 1b).



Obr. 1a) Dlouhá trubka s magnetickou detekční folií, v horní třetině folie je vidět pozice padajícího magnetu.
b) Kutálení krátké trubky pomocí magnetu

Akce a reakce

Vzhledem k tomu, že při pádu magnetu trubkou působí trubka na magnet brzdou silou směrem nahoru, působí díky 3. Newtonovu zákonu také magnet na trubku směrem dolů. Tato síla při vypadnutí magnetu přestane působit. Měření lze snadno provést v uspořádání zobrazeném na obr. 2a – trubka je zavěšena na siloměru tak, aby jí mohl magnet volně padat. Při vypadnutí magnetu ukáže siloměr pokles měřené tíhy (viz graf na obr. 2b), který odpovídá tíze magnetu. Experiment lze zadat studentům jako problémovou úlohu – studenti mohou diskutovat, zda se při vypadnutí magnetu nějak (a případně jak) změní měřená síla, své hypotézy potom mohou ověřit experimentem.



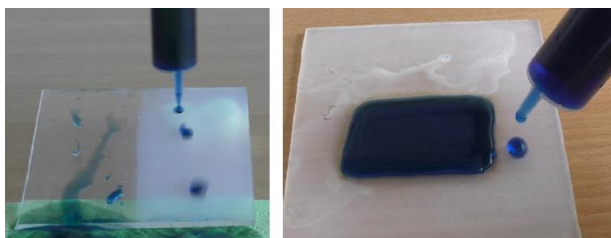
Obr. 2a) Aparatura pro měření 3. Newtonova zákona pro pád magnetu trubkou.
b) Graf zobrazující výsledky měření.

Hydrofobní sprej

V experimentech je používán sprej Rust-oleum Newer Wet, který dodává firma Nikido (viz [3]). Cena za jedno balení (podle výrobce stačí na přibližně 1 m^2) je přibližně 1200 Kč. Sprej je dvousložkový, první vrstva má charakter lepidla, na které se potom nastříká samotná hydrofobní vrstva. Sprej tak lze použít téměř na libovolný povrch (včetně např. papíru). Hydrofobní vrstva není průhledná, sprej proto nelze použít např. na okna.

Experimenty inspirované YouTube

Několik experimentů s hydrofobním povrchem je široce známých a dostupných na YouTube (viz např. [4]). Mezi ně patří např. srovnání tekoucí vody na nastříkaném a nenastříkaném povrchu (obr. 3a), testování různých materiálů či „obdélník“ vody (obr. 3b).



Obr. 3a) Kapající voda na nastříkaném a nenastříkaném povrchu.
b) „Obdélník vody“ (vnější část desky je nastříkána, vnitřní je bez nastříkání).

Chování kapek na povrchu

Dopad kapky na destičku pokrytou hydrofobním postříkem byl natočen rychloběžnou kamerou. Ve videu je vidět (obr. 4), že kapka se rozstříkne, jednotlivé části se od povrchu odrazí, spojí se zpět dohromady a celá kapička znovu odskočí od povrchu.

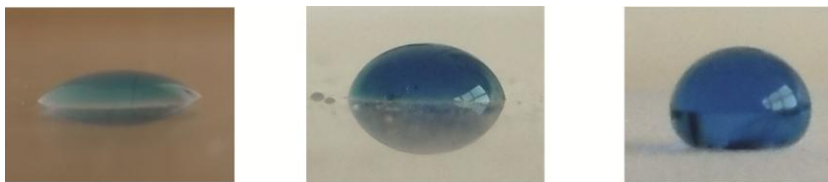
Pozorovat lze i důsledek povrchového napětí – jednotlivé kapičky, které do sebe při kutálení po destičce narazí, se velmi často odrazí zpátky a nespojí se.



Obr. 4 Dopad kapky na hydrofobní povrch

Měření smáčivého úhlu

Z fotografií na obr. 5 je dobře patrné srovnání tvaru vodní kapky na různých površích: vlevo samotné plexisklo, uprostřed plexisklo nastříkané běžnou impregnací, vpravo plexisklo s hydrofobním postříkem. Použity byly vždy přibližně stejně velké kapky. Je vidět, že samotné plexisklo smáčí voda nejlépe, plexisklo s impregnací smáčí hůř a hydrofobní povrch nesmáčí. Smáčivý úhel je postupně 44° (plexisklo), 85° (impregnace), 170° (hydrofobní nástřík).



Obr. 5 Kapky na různých površích: plexisklo (vlevo), plexisklo s běžnou impregnací (uprostřed), plexisklo s hydrofobním nástříkem (vpravo)

Gadolinium

Gadolinium je stříbrošedý kov s protonovým číslem 64, patřící mezi lanthanoidy. Dodává ho firma Metallium, současná cena za váleček o hmotnosti 25 gramů je přibližně 60 dolarů (viz [5]).

Curieova teplota

Gadolinium je feromagnetické, jeho Curieova teplota je přibližně 20 °C. Lze tak snadno ukázat změnu feromagnetického kovu v paramagnetický: pokud gadolinium ochladíme ve studené vodě, k magnetu se přitahuje, pokud ho ponoříme do horké vody, k magnetu se přitahovat přestane.

Poznámka: Experiment je zpracovaný ve sbírce fyzikálních pokusů (viz [6]).

Závěr

Experimenty výše samozřejmě nejsou kompletním výčtem, co vše lze s uvedenými pomůckami dělat. Budete-li mít proto nápady na další experimenty, budu ráda, pokud mi dáte vědět. Máte-li zájem o podrobnější informace o některých pokusech případně o videa či další materiály, napište mi, ráda vám je poskytnu.

Literatura

- [1] Házení magnetu do měděné trubky. Dostupné online:
<https://www.youtube.com/watch?v=keMpUaoA3Tg>
- [2] Inkosas. Dostupné online: Inkosas.cz
- [3] Vodu odpuzující nástřík Nikido Neveer. Dostupné online:
<https://nikido.cz/barvy-a-omitky/spreje/556-vodu-odpuzujici-nastrik-nikido-never-400ml.html>
- [4] The Official Ultra Ever Dry Video. Dostupné online:
<https://www.youtube.com/watch?v=IPM8OR6W6WE>
- [5] Metallium, inc. Dostupné online:
http://www.elementsales.com/pl_element.htm#gd
- [6] Curieova teplota feromagnetik. Dostupné online:
<http://fyzikalnipokusy.cz/1723/curieova-teplota-feromagnetik>