

EXPERIMENT VE VÝUCE

Tvar kapaliny, princip nejmenšího povrchu

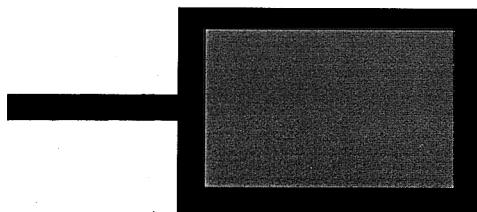
Pavel Černý*, Základní škola Cheb

Každé nebo snad téměř každé dítě po absolvování ZŠ odpoví na otázku, jaký je rozdíl mezi pevným a kapalným tělesem, že kapalná tělesa nemají oproti pevným svůj vlastní tvar. Zaujímají tvar nádoby, v níž se nalézají. Ovšem už i otázka kapalnosti a pevnosti se zdá jednoduchá pouze na první pohled. Nejasnou hranici vytváří mimo jiné okolní podmínky. O tom se přesvědčíme, vystavujeme-li pevné těleso velkým tlakům. Toto těleso se pak chová jako kapalné. Tuto skutečnost můžeme pozorovat při tvorbě hor na Zemi, které vznikají vlivem obrovských tlaků zemské kůry.

Další odlišnost od zmíněné odpovědi si uvědomíme při pohledu na dešťovou kapku. Cožpak můžeme říci, že ta nemá svůj tvar? Vždyť kapky deště jsou vždy kulaté, nikdy hranaté. Je tedy na místě myšlenka, že i kapalné těleso může mít svůj tvar, pokud se nalézá v příznivých podmínkách. Tvar ideální koule pak kapalné těleso zaujmě, můžeme-li zanedbat vnější síly a pracujeme-li s přiměřeným množstvím kapaliny. Vždyť ani člověk, který by stanul na „chladném“ Slunci, nezachová svou podobu, ale zničí se svou vlastní hmotnosti. Je tedy nutné najít lepší podmínky, třeba na Měsíci, nebo na nějaké malé planetě, kde nemá gravitace (těhové pole) tak zničující dopad. Dovedeme-li tento myšlenkový pochod do krajnosti, budeme se snažit o úplné odstranění gravitace. O to se pokusil již Platon. Nalil olej do rozotoku vody a lihu – olej „ztratil celou svou váhu“. Podle Archimédova zákona došlo k vyrovnání gravitační (těhové) a vztakové síly působící na olejovou kapku. Olej se nerozlil do vrstvičky či nějakého neforemného útvaru, ale zaujal přesně kulový tvar. Tato olejová koule přitom plave v rozotoku a lze měnit její poloměr. Kdybychom olejovou kouli oddělili od rozotoku, roztrhla by se s největší pravděpodobností na mnoho malých kuliček. Kulový tvar kapky je dán snahou o nejmenší možný povrch, která je důsledkem přitažlivých sil mezi molekulami kapaliny. Na molekuly v tzv. povrchové vrstvě kapaliny (šířka je rovna poloměru molekulárního působení) působí z vnitřní oblasti tělesa větší množství molekul než z vnější. Výslednice sil má tedy směr dovnitř kapalného tělesa. (Síly, které takto působí na povrchu kapaliny nazýváme síly povrchového napětí. Jejich cílem je zmenšit potenciální energii molekul v povrchové vrstvě.) Můžeme tedy přeneseně říci, že se molekuly na povrchu snaží dostat dovnitř hmoty. Přesun molekul pokračuje, dokud jich nezůstane na povrchu nejmenší možný počet, tedy těleso bude mít nejmenší možný povrch. Tímto tělesem je při daném objemu právě koule.

To lze ukázat i na kapce vody, kterou umístíme na mastnou skleněnou destičku. Je-li kapka dostatečně malá, pak se nerozteče, pouze se svou tíhou zploští. Čím je kapka menší, tím více se její tvar blíží kouli. Kapka se zploští díky tlaku horních vrstev kapky na spodní. Padá-li však kapka volným pádem, pohybují se všechny její části stejně rychle, a proto na sebe netlačí. Kapka se tak chová, jakoby se nacházela v beztížném stavu.

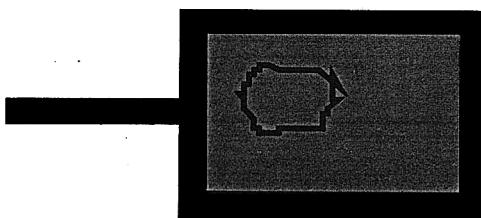
* cernypavel@seznam.cz



Obr. 1

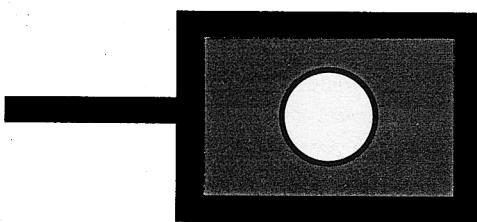
Snahu kapaliny o nejmenší možný povrch vysvětluje svým pokusem i van der Mensbrughe. Ten namáčel rámeček z drátu do mýdlového roztoku. Kapalina se přichytla na tento rámeček a vytvořila tenkou blánu (obr. 1).

(Obdobnou situaci můžeme pozorovat u dětského bublifuku.) Mensbrugghe pak položil na blánu tenké vlákno se svázanými konci. Vlákno na blánu plove, má obecný tvar podle toho, jak se nám jej podařilo na blánu umístit (obr. 2).



Obr. 2

Ovšem důkaz zmíněné vlastnosti kapaliny spatříme, když odstraníme uzavřenou kapalinu. Toho docílíme porušením blány uzavřené nití propichnutím, kdy dojde k rozpadu vrstvy na drobné kapičky, které se z části uvolní do okolí, případně se spojí se zbytkem mýdlového roztoku v rámečku. Po sražení kapaliny se povrch zbytku kapaliny zmenší, zatímco povrch otvoru ohrazený vláknam se zvětší. Tato změna ustává v okamžiku, kdy je vlákno zcela napnuté. Zjišťujeme, že otvor je právě kruhového tvaru (obr. 3). V případě většího množství kapaliny je možné ji z oblasti uzavřené nití odsávat sacím papírem.

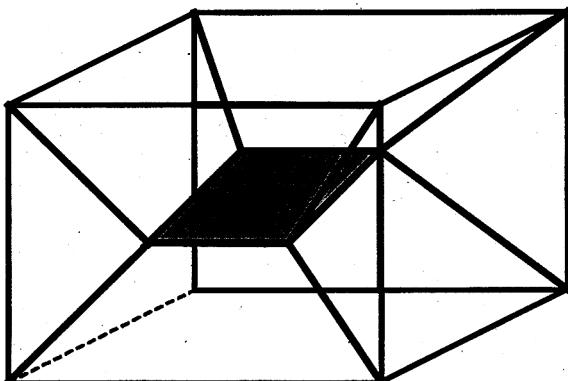


Obr. 3

Užití principu nejmenšího povrchu můžeme ukázat i při použití drátěné krychle a oleje, respektive mýdlové vody. Při ponoření krychle do kapaliny je drát (díky silám povrchového napětí mezi roztokem, vzduchem a drátem) kapalinou smáčen. Máme-li dost kapaliny, pak má krychle po vyjmutí stěny tvořené příslušnou kapalinou. Takto lze přirozeně modelovat různá geometrická tělesa.

Velice zajímavý je Plateauv pokus, kdy se snažíme pomocí skleněné trubičky odsávat z vytvořené krychle kapalinu (případně stačí nechat odkapat). Kapalina stále smáčí drát, ale stěny se prohýbají dovnitř tělesa, dokud nevytvoří rovinné plochy. Ty vycházejí z hran krychle a stýkají se v jejím středu, kde se v případě oleje vytvoří kapka, v případě mýdlové vody pak malá čtvercová ploška (obr. 4). Tyto obrazy jsou však vlivem vysoušení roztoku na vzduchu velice nestabilní a brzy prasknou.

Tento obraz v krychli je zajímavý i geometricky, neboť je dokonale pravidelný. Každé dvě hrany vytvořených ploch spolu totiž svírají právý úhel.



Obr. 4

Přiblížení situace můžeme dosáhnout i převlékneme-li přes drátěnou síť gumovou blánu a místo drátku k uchycení užijeme trubičku. Nafukování respektive vyfukování vzduchu představuje množství kapaliny. Gumová blána představuje zmenšující se povrch kapaliny. Při úplném vysáti vzduchu jsou blány rovinné a setkávají se ve středu. Vnitřní hrany jsou na sebe kolmé.

Je pravda, že princip nejmenšího povrchu, stejně jako termíny povrchové napětí a jevy na rozhraní kapalin (elevace, deprese) se na základní škole neuvádí, přesto si myslím, že uvedené pokusy dokreslí pohled žáků na téma vlastnosti kapalin. Pokusy jsou velice jednoduché, takže příliš nezatíží ani žáka ani učitele. Navíc povedou k uspokojení žáků, tolik chtivých pokusů.

Literatura:

- [1] Mach E.: *Populär wissenschaftliche Vorlesungen*. Leipzig 1991
- [2] Bělář A. a kol.: *Fyzika pro učitele I*. SPN, Praha 1967.
- [3] *Encyklopédie vědy a techniky*. Albatros, Praha 1986.