

Měření změny objemu vody při tuhnutí

VÁCLAVA KOPECKÁ

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Anotace

Od prosince 2012 jsou na webovém portálu Alik.cz publikovány návody na jednoduché fyzikální pokusy, které připravují vedoucí Kroužku fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě. Příspěvek přibližuje strukturu článků a podrobně se zabývá využitím námětu s názvem "Eroze v mrazáku" jako základ zkoumání teplotní roztažnosti vody při tuhnutí účastníky Kroužku.

Úvod

Na konci roku 2012 byli vedoucí Kroužku fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze požádáni o vytvoření souboru návodů na jednoduché pokusy pro asi desetileté děti, který bude postupně publikován na dětském portále Alik.cz. Následujícího roku bylo na zmíněném portále v sekci Zábavná fyzika publikováno přes 30 jednoduchých návodů.

Uspořádání návodu

Návody jsou obvykle rozčleněny na následující části: nadpis, úvodní text, varování na co mají děti při provádění pokusu dát pozor, seznam pomůcek, popis postupu, výsledku pokusu a jednoduché fyzikální vysvětlení (viz obr. 1). Často jsou součástí návodu i poznámky či tipy vztahující se k pokusu (viz obr. 2).

Nadpis a úvodní text bývají obvykle provokativní až nelogické, protože mají čtenáře nalákat k dalšímu čtení a následnému vyzkoušení popsaných pokusů. Varování zpravidla upozorňuje na možnost "neúspěšného" provedení pokusu, ale také zde upozorňujeme na nutnost provádět pokusy pod dozorem rodičů, například proto, že se bude pracovat s ohněm nebo že je vhodné, aby rodiče dětem s pokusem pomohli, nebo se doporučuje v jakých prostorách je vhodné pokus provádět. Dále se čtenáři dozvědí jaké pomůcky budou potřebovat k provedení pokusu. A následuje popis postupu. Aby si čtenáři mohli ověřit, zda se jim pokus podařil tak jak měl, je zde stručně popsán jeho výsledek. Pokus uzavírá jeho vysvětlení, při kterém zohledňujeme věk čtenářů a proto je zpravidla velmi zjednodušené.

Využití návodů

Návody jsou tvořeny primárně jako zdroj aktivit pro experimentování dětí v domácím prostředí, čemuž je přizpůsobena i volba používaných pomůcek. Ale lze je využít i v běžné výuce, ať jako motivaci, kdy učitelé využijí krásné fotografie nafocené profesionály (Petrem Topičem, Tomášem Kristem, Michalem Sváčkem nebo Michalem Šulou) nebo využijí návod k zadání dobrovolného domácího úkolu, či jako inspiraci pro provedení a proměření uvedeného jevu například při laboratorních pracích nebo ve fyzikálním kroužku, jak tomu bylo v našem případě.

Zábavná fyzika: Eroze v mrazáku

18. dubna 2013 6:00

S destruktivními vlastnostmi ledu a jejich následky se běžně setkáváš v přírodě i na jarních silnicích. Sílu ledu si můžeš vyzkoušet i doma v mrazáku.



Dalších 9 fotografií v galerii



Demonstrace eroze ve vašem mrazáku. | foto: Mafra

VAROVÁNÍ!

Pozor, při pokusu může dojít k vytečení vody ze sklenice do mrazáku nebo k rozbití sklenice. Proto sklenici pečlivě uzavři do igelitového sáčku.

Co potřebuješ?

Sklenici od okurek, alobal, vodu, igelitový sáček a mrazák.

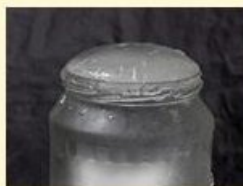
Sklenici od okurek naplň až po okraj vodou a alobalem ji uzavři, podobně jako je uzavřená sklenice na fotografii. Sklenici vlož do igelitového sáčku a sáček uzavři. Sáček se sklenicí postav do mrazáku. Druhý den se podívej do mrazáku na to, co se se sklenicí stalo.



Co potřebuješ?



Nádobu zakryj alobalem.



Po zmrznutí vody, bez alobalu.

Co pozoruješ? Došlo u sklenice k nějaké viditelné změně?

Ano, led vylezl nad hrdlo sklenice.

Jak je to možné?

V mrazáku se sklenice i voda ochladily a voda se přeměnila na led (ztuhla). Led, který vznikl z vody uzavřené ve sklenici, má větší objem, než měla na počátku voda, a snaží se ze sklenice uniknout. Nejjednodušší cesta je hrdlem, které uzavírá alobal. **Jak je vidět na fotografii v galerii, led vytvaruje z alobalu čepičku.**

Obrázek 1: Ukázka návodu na přípravu pokusu [2]

Poznámky:

Pokus můžeš provést i se skleničkou od dětské výživy s víčkem, které má pryžový závit, nebo se skleněnou lékovkou s plastovým uzávěrem. V těchto případech nezmění uzávěr svůj tvar, takže led nad skleničkou nevytvoří kopeček, ale „ledový váleček“.



U nádoby s pryžovým závitem led vytvoří "ledový váleček".

K pokusu nepoužívej sklenice s úzkým hrdlem nebo sklenice s víčkem, které má kovový závit! V těchto případech obvykle voda nedokáže vyrazit nebo vytvarovat uzávěr a ve snaze utéct ze sklenice, rozbije samotnou sklenici.



Prasklá nádoba s úzkým hrdlem.

Víš, že s destruktivními vlastnostmi ledu a jejich následky se můžeš setkat běžně v přírodě? Ne? Tento pokus ti ukázal, jak je možné, že voda dokáže ničit skály, když vnikne do nějaké praskliny a zamrzne v ní. Jev nazýváme **vodní eroze**.

Obrázek 2: Ukázka poznámek k pokusu [2]

Eroze v mrazáku na kroužku fyziky

Jako příklad praktického využití návodů v hodinách kroužku fyziky, uvádíme zkoumání teplotní roztažnosti vody / ledu při tuhnutí vody. Aktivita byla zvolena na základě fotografií, které se podařilo nafotit právě pro uveřejnění na internetu, a jejím cílem je ověřit zda se opravdu objem ledu a vody o stejné hmotnosti liší zhruba o 10 % [1]. Aktivitou jsme nakonec strávili 3 lekce tedy 6 vyučovacích hodin. Na prvním setkání jsme nejprve prodiskutovali, co všechno bychom měli proměřit před a po naplnění skleniček vodou a po jejím ztuhnutí, abychom se přesvědčili, že na výsledky pokusu nemají vliv další jevy, a navrhnutá měření skleniček a vody před umístěním do mrazáku jsme provedli. Na dalším kroužku byla provedena kontrolní měření použitých skleniček a byly stanoveny metody, kterými se budou zjišťovat změny objemu nalité vody a vytvořeného ledu. Během třetího kroužku se měřily jednotlivé objemy zmrzlého ledu a určily se rozdíly mezi objemem ledu a vody.

Příprava pokusu:

Pro provedení pokusu měli studenti k dispozici 6 skleniček od dětské výživy s víčkem s pryžovým závitem, digitální váhy, pravítka, trojúhelníky s ryskou, krejčovský metr, různé odměrné válce a odměrky a plastelínu. Vzhledem k tomu, že by výsledky pokusu mohly být ovlivněny teplotní roztažností skla a únikem vody, který by mohl nastat při tuhnutí vody ve zcela naplněných skleničkách, rozhodli se studenti, že před začátkem pokusu změří obvod a výšku skleniček a ve skleničkách nechají zmrznout různá množství vody. Naměřené rozměry skleniček a hmotnosti vody v jednotlivých skleničkách jsou v tabulce 1. Jak tabulka ukazuje, 4 skleničky jsme zcela naplnili vodou a ve dvou jsme nechali asi třetinu volného místa. Skleničky jsme uzavřeli víčkem. Aby voda během tuhnutí nevytekla, zvláště ze zcela naplněných skleniček, vložili jsme každou skleničku do sáčku a sáček jsme uzavřeli gumičkou, jak ukazuje obrázek 3. Skleničky jsme potom vložili do mrazáku.

Tabulka 1: Rozměry skleniček a hmotnost vody v nich před provedením pokusu

Sklenička číslo:	1	2	3	4	5	6
Výška (mm)	95	98	95	94	95	99
Obvod (mm)	207	201	200	196	200	190
Hmotnost vody (g)	208	206	146	208	139	206



Obrázek 3: Skleničky s vodou připravené ke zmrazení

Kontrolní měření a volba dalšího postupu:

Následující týden jsme nejprve přeměřili výšku a obvod každé skleničky. Také jsme zkontrolovali hmotnost vody ve skleničce. Naměřené hodnoty ukazuje tabulka 2. Tabulka 3 ukazuje rozdíly mezi naměřenými hodnotami, je z ní patrné, že hmotnost vody se prakticky nezměnila, stejně jako výška skleniček. Největší rozdíly byly zjištěny u naměřených hodnot pro obvod skleniček, kde mohla hrát roli skutečnost, že jsme k jeho měření používali plastový krejčovský metr, mohlo dojít k jeho různému napnutí či špatnému přiložení. Na základě těchto měření jsme usoudili, že teplotní roztažnost skla bude mít minimální vliv na výsledky pokusu. Dále jsme stanovili 6 metod, jak určit, o kolik se zvětší objem vody při její přeměně na led.

Tabulka 2: Rozměry skleniček a hmotnost vody v nich po provedení pokusu

Sklenička číslo:	1	2	3	4	5	6
Výška (mm)	94	95	96	97	96	100
Obvod (mm)	200	203	199	201	199	196
Hmotnost vody (g)	209	206	147	209	140	203

Tabulka 3: Rozdíly hodnot naměřených před zmrazením a po zmrazení vody

Sklenička číslo:	1	2	3	4	5	6
Výška (mm)	1	3	1	3	1	1
Obvod (mm)	7	2	1	5	1	6
Hmotnost vody (g)	1	0	1	1	1	3

Navržené postupy určení přírůstku objemu:

- 1) Přírůstek objemu ledu určíme jako rozdíl objemu vody nalité do skleničky a objemu ledu který určíme jako rozdíl objemu skleničky s ledem a objemu skleničky. Objem skleničky s ledem lze určit jako přírůstek objemu vodní lázně, do které jsme skleničku s ledem ponořili.
- 2) Přírůstek objemu ledu určíme jako přírůstek objemu vodní lázně, do které ponoříme led přesahující skleničku. Viz obr. 4.
- 3) Přírůstek objemu ledu nad skleničkou určíme pomocí plastelínové formy ledu, kterou naplníme vodou a určíme její objem. Viz obr. 5.
- 4) Poznamenanáme si výšku ledu ve skleničce. Led necháme roztát, poznamenanáme si hladinu vody a určíme objem vody, který se vejde mezi obě námi poznamenané hladiny.
- 5) Přírůstek objemu vody ve zcela nezaplněné skleničce můžeme určit jako rozdíl původního objemu a objemu ledu, který určíme tak, že do skleničky nalijeme vodu po okraj. Tu následně rychle přelijeme do odměrného válce a určíme její objem. Zjištěnou hodnotu odečteme spolu s objemem vody, který jsme nalili do skleničky na začátku pokusu, od celkového objemu skleničky.
- 6) Přírůstek objemu vody určíme jako rozdíl objemu vody, který jsme nalili do skleničky na začátku pokusu, a objemu ledu, který určíme jako přírůstek objemu vody, do které jsme vložili zmrzlý led ze sklenice, kterou jsme před tím opatrně rozbili. Led pod vodou můžeme přidržet například brčkem.



Obrázek 4: Určování objemu ledu nad hrdlem skleničky



Obrázek 5: Určování objemu ledu nad hrdlem skleničky pomocí plastelinové formy

Měření přírůstku ledu:

Z popsaných metod se metody 1) - 3) a metoda 6) dají použít pro zcela naplněné skleničky vodou. Pro měření zcela nenaplněných skleniček lze použít metody 4) - 6) a metodu 1). My jsme se rozhodli použít metody 2) a 3) pro zcela naplněné skleničky a metody 5) a 6) pro poloprázdné skleničky. Po rozbití skleničky při pokusu aplikovat metodu 6) na skleničku 3, došlo k rozbití jak skleničky tak i samotného ledu a jeho jednotlivé kusy zůstaly pevně přimrzlé ke sklu (viz obr. 6). Z bezpečnostních důvodů jsme nakonec tuto metodu vynechali. Při měření 2) a 5) metodou jsme používali vodu s teplotou blízkou nule, abychom zabránili tání zkoumaného ledu (před použitím jsme ji chladili kostkami ledu). Tabulka 4 ukazuje hodnoty změny objemu naměřené pro jednotlivé skleničky popsanými metodami.



Obrázek 6: Led přimrzlý ke sklu

Tabulka 4: Naměřené přírůstky objemu

Sklenička číslo:	1	2	3	4	5	6
Metoda 2	20	20	-	15	-	20
Metoda 3	22	22	-	22	-	20
Metoda 5	-	-	13	-	16	-

Při porovnání předpokládaných hodnot přírůstků objemů, které jsme spočítali na základě objemu vody nalité do skleniček a tabulkových hustot ledu a vody, a hodnot naměřených, které ukazuje tabulka 5 vidíme, že naměřené výsledky se jen velmi málo liší od výpočtem stanovené hodnoty.

Tabulka 5: Naměřené a vypočítané hodnoty přírůstku objemu vody po její přeměně na led

Sklenička číslo:	1	2	3	4	5	6
Spočítaná hodnota přírůstku objemu (ml)	19	19	13	19	13	19
Průměrná naměřená hodnota přírůstku objemu (ml)	21	21	13	19	16	20

Závěr:

Článek demonstruje jednu z možností, jak lze využít návody na pokusy zveřejňované v sekci Zábavná fyzika portálu Alík.cz, při výuce fyziky a zároveň ukazuje, že i velmi jednoduchými metodami a pomůckami lze ověřit, jak moc se změní objem vody, když jí necháme zmrznout.

Literatura:

[1] MIKULČÁK, J., KLIMEŠ, B., ŠŮLA, V.: *Matematické. fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 1988, 206 s

[2] www.alik.cz