

Závody kostek ledu

Materiál vznikl v rámci projektu Gymnázia Cheb s názvem Příprava na Turnaj mladých fyziků.
Dostupné ze Školského portálu Karlovarského kraje www.kvkskoly.cz.

Autorský tým: Pavel Böhml, Hana Böhmová, Filip Danko, Lucie Filipenská, Petr Kácovský, Věra Koudelková,
Daniel Novopacký, Ilona Šimánková, Martin Vlach. Děkujeme i všem ostatním lidem, kteří přispěli k tvorbě materiálů.
Pro případ dalších námětů, komentářů, nalezených chyb a podobně využijte e-mailovou adresu pavel.bohm@mff.cuni.cz

Návod rozšiřuje a doplňuje již dříve publikovaný materiál, který je dostupný na
<http://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/9287/ZAVODY-KOSTEK-LEDU.html/>

VIDEO

<http://www.vernier.cz/video/zavody-kostek-ledu>

ZÁMĚR ÚLOHY

Pomocí této aktivity si mohou žáci trénovat pozorování a schopnost popsat pozorovaný jev.
V závislosti na provedení mohou též navrhopvat a ověřovat hypotézy.

POMŮCKY

- dvě stejné skleničky tvaru úzkého vysokého válce
- větší nádoba na vodu (PET láhev, velká sklenice či džbánec)
- polévková lžíce
- několik polévkových lžic kuchyňské soli (NaCl) – zhruba 1 na každých 100 ml vody ve skleničce, typická sklenička má objem 150 ml až 500 ml; místo soli lze použít při opakování experimentu také cukr
- formička na ledové kostky (či jiné tvary) + mraznička
- potravinářské barvivo
- mince jako závaží do kostek ledu
- bodový teploměr [Vernier STS-BTA](#); tyčový teploměr je nevhodný, protože neměří bodově, reaguje pomalu a je příliš robustní, takže při měření je vzorek značně ovlivňován

TEORETICKÝ ÚVOD

Úkoly jsou vymyšleny tak, aby je prováděl učitel s žáky. Teoretický úvod tedy slouží pro shrnutí souvislostí učitel, nikoliv žákům.

S klesající teplotou hustota vody roste až do 4 °C, kde je hustotní maximum (tzv. *hustotní anomálie vody*).

Osolená voda má vyšší hustotu než čistá voda.

Po osolení klesne teplota vody, protože na rozpouštění (rozbití krystalové struktury) je potřeba dodat rozpouštěcí teplo.

Rychlost ochlazování je tím větší, čím větší je rozdíl teplot ochlazovaného tělesa a okolí.

ÚKOLY

První část by měl provádět učitel spolu se žáky. Druhou část lze podle časových možností a chuti žáků vynechat, nebo ji může provádět též učitel – případně ji mohou provádět žáci sami ve škole nebo jako domácí projekt.

Příprava kostek ledu: Je potřeba den předem připravit kostky ledu. Pokud chcete se žáky projít všechny fáze (není nutné, navíc to mohou dostat žáci jako domácí úkol), připravte také obarvené kostky ledu a kostky ledu se závažím.

Obarvené kostky ledu: Smíchejte vodu s potravinářským barvivem, nalijte do formičky a nechte ztuhnout v mrazničce.

Obarvené kostky ledu se závažím: Obarvenou vodu nalijte jen asi do dvou třetin výšky formičky a nechte ztuhnout. Po ztuhnutí vložte do formičky mince (jak je ukázáno ve videonávodu) a dolijte vodou. Mince se mírně protaví dolů, takže nakonec budou přibližně v polovině kostky.

První fáze – hypotéza

1. Připravte před žáky dvě stejné sklenice s vodou o pokojové teplotě. V jedné rozmíchejte několik lžic NaCl, aby vznikl nasycený roztok.
2. Nechte žáky, aby napsali na papír, ve které sklenici roztaje kostka ledu dříve (případně zda to bude časově nastejno). Ať napíší kromě hypotézy také odůvodnění.

Nejčastější tip je, že dříve roztaje kostka ledu v osolené vodě, jako zdůvodnění je často uváděno, že v zimě se solí silnice, aby na nich nebyl led.

Řídce se vyskytuje hypotéza, že to dopadne nastejno, protože počáteční teplota vody je v obou případech stejná, takže není důvod, aby to dopadlo jinak.

Hypotéza, že dříve roztaje led v obyčejné vodě, se vyskytuje velice vzácně.

Druhá fáze – experiment

3. Proved'te experiment s NEOBARVENÝMI kostkami ledu.

Typicky kostka ledu v obyčejné vodě roztaje do 5 minut, zatímco v osolené vodě to trvá déle než 10 minut.

Třetí fáze – pátrání po příčině

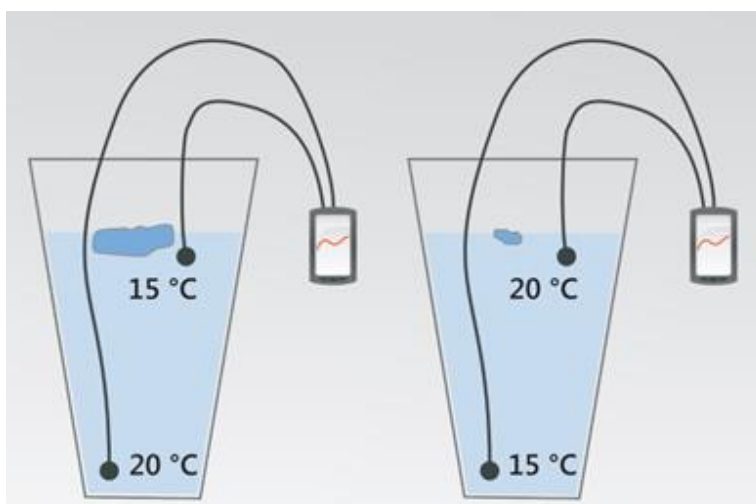
4. Využijte překvapení žáků nad výsledkem experimentu – obvykle jsou dychtiví vědět, proč to dopadlo opačně, než očekávali. Nechte žáky ve dvojicích či malých skupinkách diskutovat nad tím, co tipovali a proč – jak experiment dopadl a jak by to šlo vysvětlit.

V rámci zkoumání mohou žáci přijít na to, že by experiment rádi zopakovali a že by chtěli měřit teplotu vody během tání. Můžete je případně k této myšlence navést, pokud se neobjeví sama.

K měření teploty se příliš nehodí tyčový teploměr. Raději použijte bodový teploměr [Vernier STS-BTA](#). Umožňuje měřit teplotu přesně v daném bodě (u hladiny, u dna, ...), reaguje rychle díky malé tepelné kapacitě a navíc při měření téměř nedochází k promíchávání kapaliny.



5. Měřením žáci zjistí, že ve sklenici s obyčejnou vodou je u dna chladnější voda než u hladiny. Ve sklenici s roztokem NaCl je tomu naopak – u hladiny je chladnější voda než u dna.



Vlevo: slaná voda.

Vpravo: obyčejná voda.

To je v souladu s výsledkem experimentu – v obyčejné vodě byla kostka ledu obklopena teplejší vodou, tak tála rychleji.

Dejte žákům čas, aby mohli přijít na příčinu teplotní inverze. Velmi rychle asi přijdou na to, že studená voda klesá ke dnu (má vyšší hustotu), obvykle trvá o něco déle, než se objeví správné zdůvodnění inverzní teploty v roztoku NaCl. Důvodem je, že osolená voda má ještě větší hustotu než chladná obyčejná voda. Kostka ledu si tedy ve slané vodě vytvořila u hladiny jezírko studené vody, ve kterém dále taje velmi pomalu.

Čtvrtá fáze – nová hypotéza a její ověření

6. Nyní máme novou hypotézu. Zdá se, že rychlost tání není ovlivněna tím, že „sůl požírá led“, jak si mnozí žáci na počátku často myslí, ale že zde hraje roli rozdíl teplot způsobený různou hustotou.

Nechte žáky, aby navrhli nějaké další experimenty, které by mohly „hustotní hypotézu“ potvrdit nebo vyvrátit.

Můžete s nimi pak tyto experimenty provést ve třídě, nebo to mohou udělat v rámci domácího projektu.

Příklady experimentů na potvrzení „hustotní hypotézy“:

- I. Použít místo soli cukr. Tím také zajistíme vyšší hustotu cukerného roztoku, ale nebude tam sůl podezřelá z „požírání ledu“. Výsledek experimentu bude stejný jako u soli.
- II. Použít obarvené kostky ledu. Díky potravinářskému barvivu dojde k velmi názorné vizualizaci transportních dějů uvnitř sklenice, jak je ukázáno a vysvětleno i ve videonávodu.
- III. Použít led s mincemi uvnitř. Ukázka je ve videonávodu. Díky závaží klesnou kostky ke dnu, což povede na opačný výsledek experimentu – mnohem dříve roztaje kostka ledu ve slané vodě, protože studená voda má nižší hustotu než teplá osolená voda. Jezírko chladné vody se tedy opět vytvoří u hladiny, kostka ledu je ale díky závaží tentokrát dole – obklopená teplou slanou vodou.

Naproti tomu v obyčejné vodě zůstává studená voda z odtávající kostky u dna. Kostka je tak v prostředí s nižší teplotou a taje pomalu.

Pokud použijeme opět obarvené kostky ledu, můžeme znovu pozorovat transportní procesy uvnitř sklenice.

POZNÁMKY PRO UČITELE

Tvar sklenic

Nejlepší jsou dvě stejné sklenice tvaru vysokého úzkého válce, protože tak se ve sklenici se slanou vodou vytvoří nahoře dostatečně hluboké jezírko studené vody odtávající z ledu.

Kolik soli použít

Nestačí osolit vodu špetkou soli. Čím větší hustota, tím lépe. Pro vytvoření nasyceného roztoku NaCl je zapotřebí přibližně 30 g soli na každých 100 ml vody. Na jednu sklenici to je tedy několik lžic soli. Nevadí, když zůstane trocha nerozpuštěné soli na dně.

Rozpouštěcí teplo

Na rozbití krystalové struktury při rozpouštění je zapotřebí malé množství tepla. Důsledkem je, že po rozpuštění soli ve vodě poklesne teplota vody o 1 °C až 2 °C. Můžeme žákům na začátku toto zamlčet. Pro přesnější měření (nebo jsou-li žáci šťouraví) je dobré počkat, až se teploty opět vyrovnají. Případně to lze urychlit přidáním malého množství horké vody.

Jak experiment výrazně urychlit

Doporučuji dělat experiment s vodou o pokojové teplotě. Někdy můžeme chtít experiment výrazně urychlit, lze pak použít horkou vodu (například 60 °C).

Způsoby provedení

Tato aktivita se dá provést ve zkrácené verzi (úvodní otázka – formulace hypotézy – experiment – vysvětlení) za přibližně 15 až 20 minut.

Pokud chceme, aby studenti skutečně sami pracovali a mysleli, je potřeba dát jim k tomu dostatek času – nejméně jednu až dvě hodiny.