

OLVADÓ JÉGHEGYEK, MELEGEDŐ TENGEREK

Baranyai Klára
Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest

Két egyszerű, olcsó eszközökkel elvégezhető, látványos kísérletet szeretnék bemutatni. Mindkettő szorosan kapcsolódik a tengervíz hőmérsékletének alakulásához, ezért ezen kísérleteknek talán a földrajzórán is hasznukat lehet venni.

Jégkockák olvadása édes és sós vízben

Kísérlet a hosszán úszó jéghegyek olvadásának szemléltetésére

Egy kémiatanár-kolléga észrevette, hogy sós vízben a jégkockák sokkal lassabban olvadnak el, mint édesvízben. Az olvadási idők különbsége egy főzőpohárnyi víz esetén akár 15-20 perc is lehet.

Mi lehet a jelenség magyarázata?

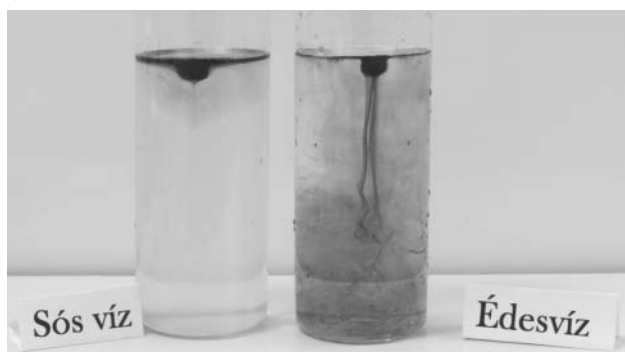
A kísérlethez szükségünk van két azonos hőmérsékletű vizet tartalmazó, egyforma üvegedényre. Az egyik edényben a vizet alaposan sózzuk meg. Fagyasszunk ételfestékkel színezett, egyforma jégkockákat. (Az üzletekben kapható piros, kék... ételfesték nem változtatja meg jelentősen sem a víz sűrűségét, sem az olvadáspontját.)

Ha óvatosan egy-egy színezett jégkockát helyezünk mindkét pohárba, a látványt megfigyelve hamar rájöhethetünk az olvadási idők különbségének nyitjára.

Az édesvízbe helyezett jégkocka olvadéka $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű, sűrűsége nagyobb a pohárban lévő $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű vizénél. Ezért lesüllyed a pohár aljára, utat enged a melegebb víznek, amely a jégkockával közvetlenül érintkezve gyorsan olvasztja azt. A pohárban lesüllyedő színezett olvadék láthatóvá teszi a kialakuló konvekciót (1. ábra, jobb oldali edény).

A sós vízbe helyezett jégkocka esetén nem alakul ki hasonló áramlás. Az olvadék sűrűsége alacsonyabb hőmérséklete ellenére is kisebb, mint a melegebb sós vízé. A pohárban jól látszik, hogy a színezett olvadék a folyadék tetején marad, tehát a jégkocka a saját $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

1. ábra. A sós vízbe helyezett színes jégkocka saját olvadékában úszik (balra), míg az édesvízbe rakott olvadéka lesüllyed, keveredik (jobbra).



hőmérsékletű olvadékában úszik. Így érthetővé válik, hogy miért tart sokkal tovább a jégkocka elolvadása a sós vízben, mint az édesvízben.

Tapasztalataim szerint ez a kísérlet jól használható az órán, hiszen a gyerekek minden részét ismerik. Az élénkebb eszű tanulók a látvány alapján maguktól rájönnek a teljes magyarázatra, de ha jó kérdéseket teszünk föl, lépésről lépésre a többiekkel is eljuthatunk a megfejtésig. Foglalkozhatunk vele tanulóiskolai órán, vagy feladhatjuk fejtörőnek háziversenyen. Akár az általános iskolás korosztály számára is alkalmas órai feldolgozásra.

A jelenség alapján megmagyarázhatjuk azt is, hogy a sarki jégtakaróról leváló hatalmas jégtömbök miért tudnak évekig sodródni a tengeri áramlatokkal, míg akár az $50.$ szélességi fokon is túljutnak, mire elolvadnak [1]. Miért nem olvadnak el a jéghegyek a melegebb tengerekre érve hamarabb [2]? Erre a méretük önmagában nem elegendő magyarázat, a jéghegyek $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli édesvízből álló „pocsolyákban” úsznak, nem érintkeznek a „meleg” tengervízzel.

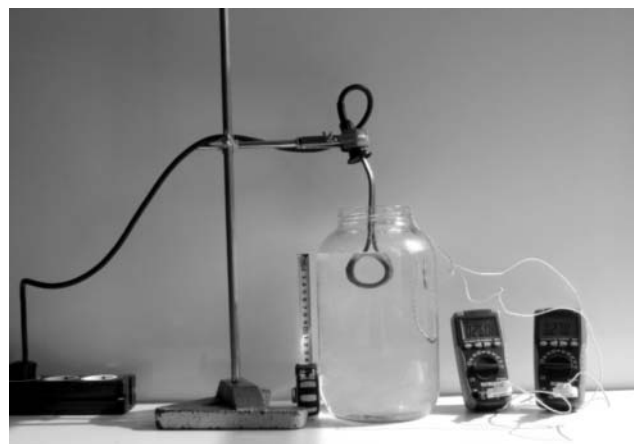
A globális felmelegedés következtében a sarki jégtakaró olvadása felgyorsul. Az olvadék a tenger sókoncentrációját csökkenti, ami a kísérlet tanúsága szerint a jéghegyek olvadását is felgyorsítja. Ez egy pozitív visszacsatolású folyamat, beindulása nagy veszélyeket rejt magában.

Felülről fűtött folyadékok

Kísérlet a tavak, tengerek melegedésének szemléltetésére

A másik kísérletet a *Quantum* című folyóiratban találtam [3]. Ez a folyóirat az Amerikai Egyesült Államokban 1990. és 2001. között jelent meg [4]. Elsősorban a Szov-

2. ábra. A kísérleti elrendezés: vízzel teli uborkásüveg, merülőforraló Bunsen-állványon, két multiméter hőmérő csatlakozóval.

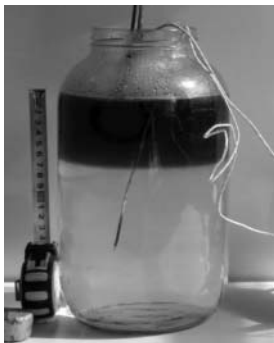


jetunióból és Kelet-Európából elszármazott fizikusok és matematikusok cikkeit közölte, és kifejezetten a középiskolai tehetséggondozást tűzte ki céljául. A folyóirat címe is utal a sokak által ismert orosz *Kvantra*.

Egy nagy uborkásüvegbe engedjük hideg csapvizet, és közvetlenül a felszín alá süllyesszünk be egy merülőforralót! Az uborkásüveg mellé egy mérőszalagot is állíthatunk, és különböző magasságokba süllyesztett hőmérőkkel mérhetjük a víz hőmérsékletét (2. ábra).

Ha a fűtést bekapcsoljuk, rövid idő múlva a merülőforraló közvetlen környezetében a víz forni kezd.

Ekkor cseppentsünk a vízbe ételfestéket! A felső vízréteg egyenletesen elszíneződik, és meglepődve tapasztalhatjuk, hogy éles határfelület választja el a festetlenül maradt tiszta víztől (3. ábra).



3. ábra. Élesen elválik a forró (színes) és a hideg (színtelen) réteg.

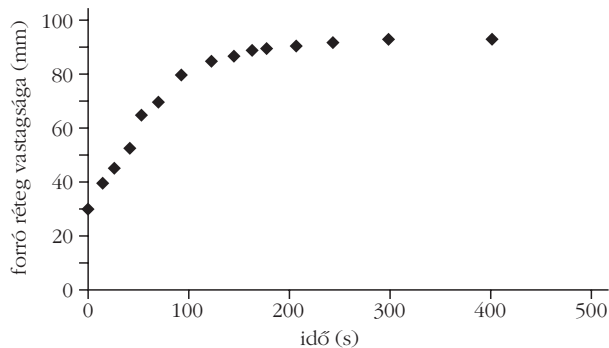
Megmérhetjük a víz hőmérsékletét különböző mélységekben. Azt tapasztaljuk, hogy az elszíneződött felső réteg mindenütt forró, 85-95 °C hőmérsékletű, míg a színezetlenül maradt alsó rétegben a víz mindenhol szobahőmérsékletű maradt. A határfelület két oldala között nagy hőmérséklet-különbséget mérhetünk, ebben a zónában nagy a hőmérsékleti gradiens.

A határvonal az idő előrehaladtával lassan lejjebb kúszik, de hosszú idő elteltével sem éri el az uborkásüveg alját. (A mi kísérletünkben a merülőforraló karkája alatt 2 centiméterrel megállt.)

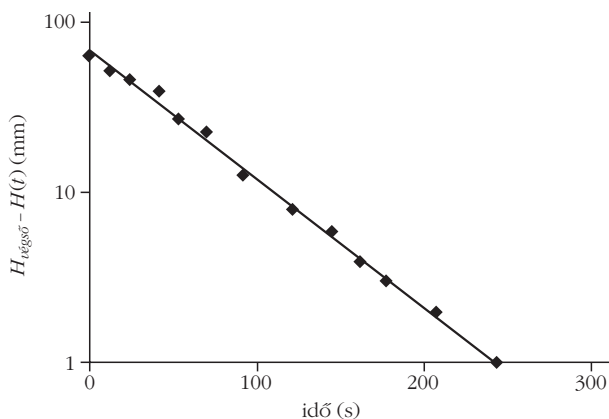
A merülőforraló körül a sűrűségkülönbség hatására áramlás kezdődik. A forró víz felszáll, helyére oldalról hidegebb víz áramlik. Az uborkásüveg tetején beinduló áramlás egyenletesen színesre festi a vizet, közben ez a réteg a merülőforralóval való érintkezés hatására egyre melegebb lesz. Mivel a forró víz sűrűsége kisebb a hideg víznél, a konvekció csak a felső réteget érinti, a határvonal akkor kerül lejjebb, ha a határfelület mentén az áramlás elég gyors ahhoz, hogy a hideg rétegből is magával ragadjon egy kis vizet. Ezért a határfelület lejjebb húzódása egy idő után megáll. Ekkor a merülőforraló által időegységenként betáplált energia megegyezik a mozgásban tartott vízréteg időegységre eső energiavesztésével.

Ezt a kísérletet demonstrációként is bemutathatjuk, de méréseket is végeztethetünk a gyerekekkel. Izgalmas kérdés, hogy a határfelület hogyan és meddig süllyed az idő múlásával.

Egy szakköri csoporttal megmértük a határfelület süllyedését az idő előrehaladtával. A színes, forró réteg $H(t)$ vastagságát ábrázoltuk az idő függvényében a 4. ábrán. A forró réteg vastagságának növekedése lassuló, sejtésünk szerint exponenciálisan közelít az egyensúlyi $H_{végső}$ értékhez. Ennek igazolására a $H_{végső} - H(t)$ értékeket ábrázoltuk az idő függ-



4. ábra. A forró réteg vastagsága egyensúlyi állapothoz tart.

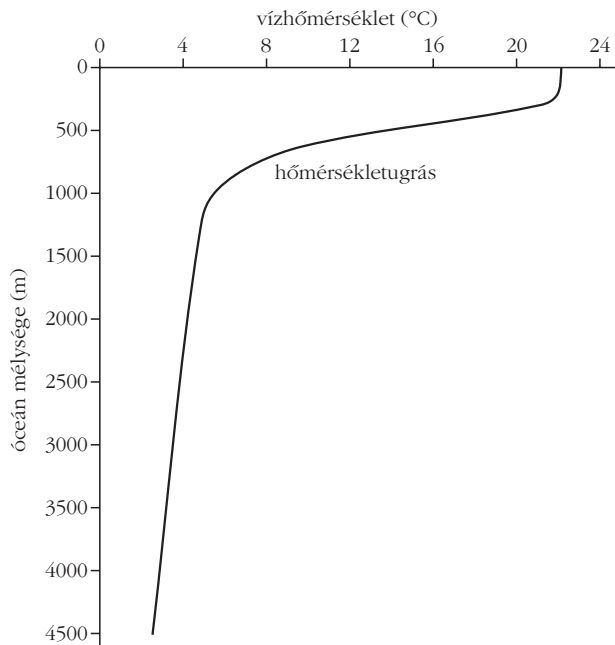


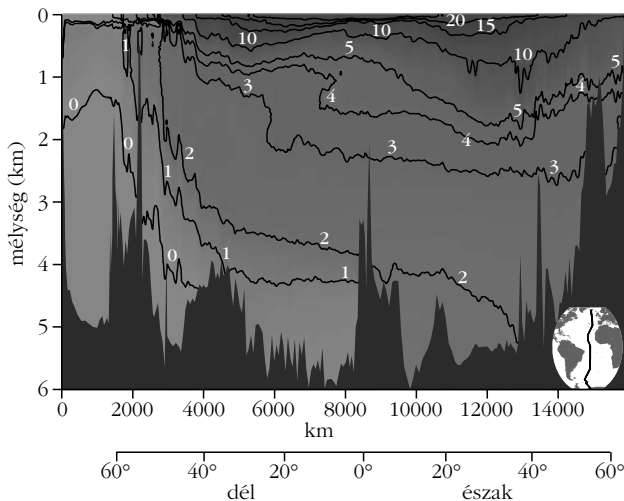
5. ábra. A 4. ábrán tapasztalt változás exponenciálisan alakul ki – tanúsítja a logaritmikus ábrázolás.

vényében logaritmikus skálán az 5. ábrán. Az értékekre illeszkedő trendvonal igazolta sejtésünket. A mérési adatokat Excel programmal dolgoztuk fel. A mi mérésünkben a forró réteg egyensúlyi vastagsága $H_{végső} = 93$ milliméter volt.

A földfelszín vizeit a Nap felülről melegíti. Az uborkásüveghez hasonlóan a tavak és tengerek vizeinél is megfigyelhető az éles határvonal megjelenése. Ha

6. ábra. A tengervíz hőmérsékletének változása lefelé haladva [5–7].





7. ábra. Az Atlanti óceán vizének hőmérsékleti térképe egy észak-déli irányú függőleges felület (lásd a jobb alsó sarokban), [2] alapján.

szélcsendes időben olyan helyen fürdünk egy tóban, ahol mások aznap még nem kavarták föl a vizet, a kellemesen langyos felszíni rétegből a lábunkat lejjebb engedve megérezhetjük az uborkásüvegben lát-

hatóvá tett éles határt a langyos és a hideg réteg között. A tengerek hőmérsékleti adatait adatbázisokba gyűjtik [2]. Ezek tanúsága szerint a tengereknek még az Egyenlítőnél is csak a felső néhány száz méteres rétege tud átmelegedni. Ha lefelé haladunk a tenger mélye felé, a hőmérséklet egyszerűen csak hirtelen zuhanni kezd, majd eléri a +4 °C körüli értéket, és ez lényegében változatlan marad a tengerfenékgig (6. és 7. ábra). Azt a réteget, amelyben a hőmérséklet ugrásszerűen változik, termoklin zónának nevezik [5–7]. Ez a mi uborkásüvegünkben a színes és színezetlen réteg közötti éles határfelületnek felel meg.

Irodalom

1. National Snow and Ice Data Center: http://nsidc.org/icetrek/research_updates.html
2. http://galathea3.emu.dk/satelliteeye/projekter/sst/back_uk.html
3. V. Pentegov: Heating Water from the Top. *Quantum* 1999. november/december 41.
4. A folyóirat információs oldala: <http://www.nsta.org/quantum/info.asp>
5. <http://www.windows2universe.org/earth/Water/temp.html>
6. Jánosi I., Tél T.: *Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába*. Typotex, 2012.
7. G. K. Vallis: *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics*. Cambridge, 2006.

A LEGNAGYOBB CITROMERŐMŰ

2013. április 27-én a DaVinci Learning, az első hazai oktatási és ismeretterjesztő csatorna Guinness-rekordot állított fel: a gyümölcsrel működtetett legnagyobb erőmű kategóriában döntötték meg a fennálló rekordot. A kísérlethez 1500 citromot használtak, a termelt árammal egy telefont is fel lehetne tölteni. Az erőmű nem először épült fel, és később is látható lesz egy tavasztól ősziig tartó roadshow keretében.

A DaVinci Learning csatorna célja, hogy megkedveltesse a tanulást és a természettudományokat nézőivel. Ezért indult útjára a Kis Zsenik Klubja roadshow, amelynek első állomásán márciusban felépült a legnagyobb gyümölcsrel működtetett erőmű. Ezzel több rekord is megdőlt (méret, gyümölcsök száma, működőképesség, magyarországi csúcs), de a gyümölcserőmű teljesítménye nem volt nagyobb az akkor fennálló Guinness-rekordnál.

A Da Vinci Learning az első oktatási TV-csatorna, amely számos különböző tudományterületről kínál ismeretterjesztő filmeket az egész családnak, életkortól függetlenül. A Da Vinci Learningnél tudják, hogy mindenki kíváncsi a dolgok valódi működésére, vágyik a felfedezés és a rácsodálkozás élményére. Ezért a csatorna könnyed, tévézés közbeni tanulást kínál, ahol a nézőket játékosan ösztönzik arra, hogy részt vegyenek az izgalmas válaszok megtalálásában. A csatorna célja, hogy az érdekes és tanulságos műsorok párbeszédet indítsanak a családtagok között, hiszen a közös tévézés, a látottak átbeszélése a legértékesebb televízióhoz köthető tapasztalat.

További információ: <http://hu.da-vinci-learning.com> és *Hering Orsolya* (20-978-5080).

A roadshow második állomásán, Budapesten a Campona üzletközpontban viszont sikerült rekordot dönteni! A gyümölcsrel működtetett legnagyobb erőmű kategóriában a csatorna nézői közreműködésével Guinness-rekord született! Az erőmű 1500 citromból, hat panelből, 15 cellából és közel 90 méter elektródból állt, és 1,1 W teljesítménnyel működött – ezzel megdőlt az 1 W-os rekord, amit egy krumplikból összeállított akkumulátor tartott. Az 1,1 W elég például egy ledsor kivilágítására, vagy egy mobiltelefon feltöltésére. Szombaton minden érdeklődő megtudhatta, hogyan tud áramot termelni a citrom, milyen kémiai reakció zajlott le a szerkezetben, és részese lehetett a rekordkísérletnek is. Volt szórakoztató fizikashow, éneklő csövek, égnek álló hajak, örvényáramok és egyéb kísérletek.

Az erőmű egyrészt a teljesítmény és a méret összefüggéseire világít rá, de a környezetvédelem és energiatakarékosság kérdéseit is felveti. Emellett arra is ösztönöz, hogy képletek helyett sokszor könnyed formában, interaktív módszerekkel jobban motiválhatók a gyerekek, így a játékos formában való tanulást népszerűsíti. A kísérletben használt citromok a szegedi biogáz erőműbe kerülnek.

A citrommal működtetett legnagyobb erőmű a Kis Zsenik Klubja roadshow keretében ezután Győrben épült fel, majd a nyári szünetet követően Szekszárdon, Szegeden és Jászberényben is látható lesz.

<http://hu.kids.da-vinci-learning.com>