

ARKHIMÉDÉSZ NYOMÁBAN

Egyed László

A Csodák Palotájában több olyan eszközt is lehet találni, amelynek működése Arkhimédész törvényén alapul. Tudjuk a kis versikét:

*Minden vízbe mártott test
A súlyából annyit vesz
Amennyi az általa
Kiszorított víz súlya.*

Amire az anekdota szerint *Arkhimédész* fürdés közben (pontosabban a kádba beszállva) jött rá, és onnan kiugorva meztelenül szaladt végig Szirakuza utcáin, kiabálva, hogy heuréka – megtaláltam. Persze nem magára a törvényre gondolt, hanem arra a megoldásra, ahogyan meg tudja mondani, csalt-e az ötvös, aki II. Hieron király számára készített egy fogadalmi koronát, méghozzá hozott aranyból, és a király arra gya-

nakodott, hogy az ötvös „felhígította” az aranyat némi ezüsttel. *Vitruviusz* szerint a szirakuzai tudós arra figyelt fel, hogy a víz szintje megemelkedik, amikor beleül a fürdőkádba, és arra gondolt, hogy egy bonyolult alakú test térfogatát is ki tudja számolni, ha megméri a vízszint emelkedését, amikor azt belemeríti a vízbe. Márpedig ahhoz, hogy a korona összetételét ellenőrizze, meg kellett határoznia annak sűrűségét, ehhez pedig a térfogatára volt szüksége (de nem olvashatta meg, hogy valamilyen könnyen kezelhető geometriai alakra hozza).

Persze, ha belegondolunk, az arany sűrűsége nem nagyon változik meg, ha ezüsttel ötvözzük, vagyis nagyon pontosan kellett volna mérni a vízszint emelkedését. Sokkal valószínűbb tehát, hogy a tudós az úszás általa felfedezett, és *Az úszó testekről* című érte-



Arhimédész bélyegeken.

kezésében leírt törvényét használta fel ahhoz, hogy kimutassa a sűrűségkülönbséget. Ehhez meg kell mérni a test súlyát először szárazon, majd a vízbe merítve. A súlykülönbség megfelel a test térfogatának (lévén, hogy a víz sűrűsége 1 g/cm^3), és akkor könnyen kiszámítható annak sűrűsége. Arkhimédész valószínűleg még egyszerűbb utat választott, nevezetesen a koronát kiegyensúlyozta egy kétkarú mérlegen egy darab színarannyal, majd mindkettőt vízbe mártotta. Ha eltért a sűrűségük (és a történet szerint eltért), akkor a mérleg nyelve a nagyobb sűrűségű darab felé billent. (Itt jegyezzük meg, hogy ezt a kísérletet a tanár az osztályban is megmutathatja, ha nem is arannyal, de kicsit eltérő sűrűségű, akár bonyolult alakú tárgyakkal.)

Térjünk vissza a Csodák Palotájába, s keressük meg a jelenségeket, amelyek magyarázatát az úszás törvénye adja. Amely törvény, azóta tudjuk, nemcsak folyadékokban, hanem gázokban is érvényes, vagyis egy tárgyra a levegőben is akkora felhajtóerő hat, amennyi a tárgy által kiszorított levegő súlya. Nagyobb sűrűségű tárgy esetében persze ebből nem sokat észlelünk. De ha megállunk a *Hőlégballon* mellett, és figyeljük, hogyan emelkedik a magasba, máris láthatjuk a felhajtóerő működését a gyakorlatban.

Tudjuk, a meleg levegő kítágul, sűrűsége kisebb lesz. A ballon alatt egy fűtőtest található, amely azt fokozatosan megtölti forró levegővel. Egy bizonyos hőmérsékletnél már akkora lesz a sűrűségkülönbség a hideg és a forró levegő között, hogy a kiszorított levegő súlya (a felhajtóerő) nagyobbá válik, mint a ballon

és a benne lévő forró levegő együttes súlya, és ekkor a ballon a levegőbe emelkedik. (Tegyük hozzá, a Palotában a ballont a tartójához rögzíti néhány kis mágnes, ezért amikor az „elszabadul”, elég nagy a felhajtóerő ahhoz, hogy a plafonig emelje.) Ez a felhajtóerő nemcsak ezt a kis modell-ballont, hanem igazi nagy ballonokat is képes a levegőbe emelni, ahogyan az égre nézve sokszor láthatjuk.

Ugyancsak az úszás törvényét mutatja be egy speciális példán a *Bermuda-benger*. Szinte mindenki hallott a Bermuda-háromszögről, arról a helyről, ahol titokzatos módon tűnnek, tűntek el hajók, repülőgépek. Ha a repülőgépekre nem is, de a hajók esetére ésszerű magyarázatot lehet találni, és nemcsak a legelterjedtebbet, amely szerint földönkívüliek „gyűjtik be” ezeket az emberi faj tanulmányozása céljából.

Mi okozhatja a hajó elsüllyedését? Nyilván az, hogy a felhajtóerő valami miatt kisebb lesz, mint a hajó súlya. Ha túlságosan megrakjuk a hajót áruval, a felhajtóerő állandó marad, de a hajó súlya megnő. Elképzelhető a fordított út is: csökken a felhajtóerő, ha csökken a víz sűrűsége. De hogyan érhetjük el ezt? Felhígíthatjuk a vizet egy sokkal kisebb sűrűségű anyaggal, például levegőbuborékokkal. Az eszközön lévő hajtókar megforgatásával egy légsűrítőt hozunk működésbe, amely buborékokat présel a hengerbe. A felszálló buborékok felhígítják a vizet, a

A hőlégballon.





A Bermuda-henger.

kok. Egy majdnem méteres átmérőjű plexigömb, amelybe egy nyíláson keresztül szappanbuborékokat fújhatunk (a gyerekek – de a felnőttek is – ezt szívesen teszik). Meglepetésre a buborékok nem egyből ereszkednek a fenékre, hanem jó ideig lebegve maradnak. Megfigyelve őket láthatjuk, hogy lassan kicsit „meghíznak”, és csak akkor ereszkednek le.

Miért lebegnek a buborékok? Jobban megnézve látjuk, hogy a gömb fenekén egy táblán kis fehér anyagdarabkákat találunk, ezek rejtik a titkot. A fehér darabkák szilárd szén-dioxidból, szilárd szén-dioxidból vannak. Erről az anyagról tudjuk, hogy szublimál, azaz a szilárd halmazállapotból azonnal gáz halmazállapotba megy át (cseppfolyós szén-dioxid légköri nyomáson nem létezik). Mivel a szén-dioxid sűrűbb a levegőnél, a nagyobb sűrűségű környező gáz felhajtóereje képes a buborék falát alkotó folyadék súlyával és a buborékban lévő kisebb sűrűségű gáz súlyával egyensúlyt tartani. Azért nem szállnak fölfelé, mert egy bizonyos magasságban már a szén-dioxid összekeveredik a levegővel, s a sűrűsége kisebb lesz, azaz a buborék talál egy olyan egyensúlyi helyet, ahol lebegve marad.

felszínén úszó kis hajómodell elsüllyed, hiszen a kiszorított levegőbuborékos víz súlya már kisebb lesz a hajójénál.

Hogyan helyezünk el a tengerfenéken egy ilyen kompresszort? A természet itt, a Bermuda-háromszögben elhelyezett ilyeneket, nevezetesen tengerfenéki vulkánokat, amelyekből időnként nagy mennyiségű gáz (többnyire metán) tör a felszínre. Ez a vízben apró buborékokra oszlik és buborékfelhő formájában elindul a felszín felé. Az éppen arra járó hajó – ha történetesen jól meg is van pakolva – alól „elfogy” a felhajtóerő és elsüllyed. (Persze nem biztos, hogy ez a magyarázat, de sokkal valószínűbb, mint a földönkívüliek mintagyűjtése.)

A harmadik olyan eszköz, amelynél tapasztalhatjuk az úszás törvényének a működését, a *lebegő buborék*

De miért „hízik” azután? Az ozmózis a magyarázat. A szén-dioxid képes lassanként átdiffundálni a szappanhártyán, hiszen a belső parciális nyomás sokkal kisebb mint a külső. Eközben megnő a buborék belsejében lévő gáz sűrűsége, és szép lassan lesüllyed a fenékre.

Rádásként javasolható még egy, akár az osztályteremben is elvégezhető kísérlet: készítsünk Kartéziusz-búvárt. Egy műanyag (PET) palackba töltünk vizet, majd helyezünk bele egy csövet, amelynek a felső végét lezárjuk, alul pedig annyi súlyt erősítettünk rá, hogy éppen lebegjen a vízben. Csavarjuk rá a palackra a tetejét, ha összenyomjuk, akkor a „búvár” elsüllyed, ha elengedjük, felemelkedik. A magyarázat kézenfekvő: a megnőtt nyomás miatt a csőben a levegő összenyomódik, több víz nyomul bele, így sűrűsége megnő, a felhajtóerő már nem elegendő ahhoz, hogy a felszínen tartsa.

Lebegő buborékok.

