

DR. ZÁTONYI SÁNDOR
Budapest

Javaslat Arkhimédész törvényének feldolgozására a fakultatív foglalkozásokon

Arkhimédész törvénye régi, hagyományos tananyag a fizika tanításában, és ismerete fontos a sokrétű gyakorlati, technikai alkalmazás miatt is. Az eredményvizsgálatok azonban azt mutatják, hogy a tanulók számára ez az egyik legnehezebben elsajátítható tananyag rész (1.: 64., 70. o.). Ugyanakkor Arkhimédész törvénye – és ezzel összefüggésben a testek úszása, lebegése, lemerülése – számos olyan probléma felvetésére, megoldására ad alkalmat, amelynek révén hatékonyan fejleszthetjük a tanulók gondolkodási képességét, természettudományos szemléletét. Mindezt figyelembe véve, célszerű Arkhimédész törvényével és a testek úszásával kapcsolatban a fakultatív foglalkozáson is további kísérleteket végezni, feladatokat megoldani, újabb, érdekes ismereteket gyűjteni.

Az *Energia* című fakultatív foglalkozás programja a 8. osztályban javasolja e témakör elmélyítését (2.: 4. o.), miután az előző tanév II. félévében a tanulók fizikaórán már megismerték a legfontosabb alapismereteket. Az alábbiakban a 8. osztályos fakultatív foglalkozáson történő feldolgozáshoz szeretnénk javaslatot adni, felhasználva a fakultatív foglalkozást bevezető iskolák számára készülő, OPI-kiadványként megjelenő módszertani segédanyag egyes feladatait is (3). Javaslatunk – megítélésünk szerint – felhasználható szakköri foglalkozáson, egyes részletei pedig a tanítási órákon is.

*

A témát feldolgozó foglalkozáson bevezetésként célszerű *ismételni, feleleveníteni* azokat az ismereteket, amelyeket a tanulók fizikaórán sajátítottak el az Arkhimédész törvényére és a testek úszására vonatkozó témakörből. E felidézés történhet ismétlő kérdések segítségével, de *feladatmegoldásokhoz* is kapcsolódhat oly módon, hogy a feladatok kérdéseire adott válaszok indoklásaként elevenítjük fel a tanult fogalmakat, összefüggéseket.

Néhány feladat az ismeretek felidezéséhez:

1. A víz alá nyomjuk a labdát. Érezzük, hogy a labda fölfelé nyomja a kezünket. Mi a magyarázata?
2. A tóban a víz alatt akkora követ is fel tudunk emelni, amekkorát a parton meg sem tudunk mozdítani. Hogyan lehetséges ez?
3. Egyenlő térfogatú radírgumit és műanyaghasábot teszünk a vízbe. (A gumi sűrűsége $1,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

a műanyag sűrűsége $1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Hasonlítsd össze:

- a) a rájuk ható felhajtóerőt!
 - b) azt az erőt, amellyel fenn lehetne tartani a testeket a vízben!
4. Két egyenlő térfogatú és egyenlő súlyú labdával játszik a Balatonban és az Adriai tengerben egy-egy gyerek. Hasonlítsd össze a két labdára ható felhajtóerőt:
 - a) ha mindkét helyen víz alá nyomják a labdát a gyerekek,
 - b) ha mindkét helyen a víz felszínén úszik a labda!

5. A Földközi-tengerben két egyenlő súlyú tengeralattjáró tartózkodik egymás közelében. Hasonlítsd össze a két tengeralattjáróra ható felhajtóerőt abban az esetben, ha mindkét tengeralattjáró:
- a víz felszínén úszik,
 - a víz felszíne alatt lebeg 50 m mélyen!
6. Mekkora felhajtóerő hat arra az emberre, aki a Velencei-tóban áll, a testéből 70 dm³ térfogatú rész van a víz alatt?
7. A harcra súlya elérheti a 3000 N-t is.
- Mekkora felhajtóerő hat egy ekkora harcsára, ha lebeg a vízben? (A víz sűrűsége $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.)
 - Mekkora a harcsa testének átlagos sűrűsége?
 - Mekkora a harcsa testének térfogata?
8. A polietilén gyakran alkalmazott műanyag. (Ebből készül pl. az átlátszó uzsonnászacskó is.) Sűrűsége $0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Mi történik a polietilénnel:
- ha vízbe tesszük?
 - ha olajba tesszük?
 - ha benzinbe tesszük?

A kérdésekre adott válaszok lehetőséget adnak a felhajtóerő fogalmának, Arkhimédész törvényének a felidézésére, a folyadékba merülő testet érő erőhatások számbavételére, nagyságuk, irányuk összehasonlítására, az úszás, lebegés, lemerülés feltételeinek a vizsgálatára. A kísérleti kipróbálás során szerzett tapasztalatok szerint a tanulóknak nem volt nehéz belátniok, hogy a tengerben levő labdára nagyobb felhajtóerő hat, mint a vele egyenlő térfogatú, egyenlő súlyú labdára a Balatonban, ha mindkettő a víz alatt van. Az azonban már problémát jelentett számukra, hogy miért egyenlő a rájuk ható felhajtóerő, ha mindkét helyen a víz felszínén úszik a labda (4. feladat).

Hasonló módon, nem jelentett gondot a tanulók többsége számára az Adriai-tengerben a víz felszínén úszó tengeralattjárókra ható felhajtóerők összehasonlítása. (Egyenlő a súlyuk, egyenlő a rájuk ható felhajtóerő is.) Az azonban már elkerülte legtöbbször figyelmét, hogy az 50 m mélyen levő két tengeralattjáróra ható felhajtóerő nem szükségképpen egyenlő (4. feladat). Lehet egyenlő, de lehet különböző is, attól függően, hogy térfogatuk egyenlő vagy különböző.

*

A tanulók többsége számára nehezen érthető az a következtetéssorozat, aminek révén hagyományos módon, az arkhimédészi hengerpárral végzett kísérlettel eljutunk a törvény megfogalmazásáig. Ezért célszerű a törvény egy-egy részösszefüggésének belátását újabb oldalról megvilágítani, megerősíteni. Erre a sokféle megoldási mód közül egy viszonylag egyszerű lehetőséget kínál ez a „memóriás” erőmérő, amely a 6–8. osztályos fizika tanításához összeállított készletben van.

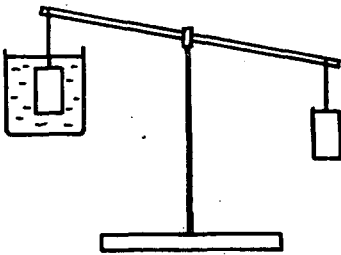
1. Először célszerű azt az összefüggést tudatosítanunk, megerősítenünk, hogy miként függ a felhajtóerő nagysága a folyadékba merülő test térfogatától.

A tanulókísérleti mérlegről leemeljük a serpenyőket, majd a mérlegkar két végére függesztünk két egyenlő térfogatú vashengert. (Célszerű a mechanikai tanulókísérleti készlet nagyobb térfogatú vashengereit alkalmaznunk.) Az egyik henger alá vizet tartalmazó főzőpoharat tartunk (1. ábra), s addig emeljük a poharat, míg a henger teljes egészében a víz alá nem merül. A felhajtóerő hatására megemelkedik a henger, s vele együtt a mérlegkar egyik oldala.

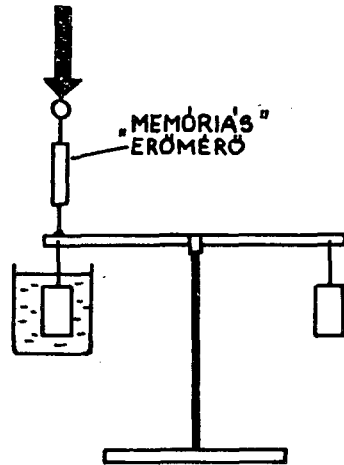
Ha most azt akarjuk megtudni, hogy mekkora felhajtóerő hat a vashengerre, akkor a „memóriás” erőmérő közbeiktatásával akkora lefelé irányuló nyomóerőt kell a mérlegkarra kifejtenünk, hogy a két erő kiegyenlítse egymást (2. ábra). Ebben az esetben

a mérlegkar újra vízszintes lesz. Az erőmérő az általunk kifejtett erőt mutatja, s ezzel egyenlő nagyságú a felhajtóerő kb. $0,35 \text{ N}$).

Ha ezt követően a tanulókísérleti készletben levő kisebb térfogatú vashengerekkel ismételjük meg a mérést, akkor az erőmérő kisebb erőt mutat, kisebb a felhajtóerő (kb. $0,10 \text{ N}$).



1. ábra



2. ábra

Következtetés: Ha kisebb a folyadékba merülő test térfogata, akkor kisebb a testre ható felhajtóerő is. (Pontos mérések szerint egyenes arányosság van a két mennyiség között.)

2. Hasonló módon tudatosíthatjuk azt az összefüggést is, hogy miként függ a felhajtóerő nagysága a *folyadék sűrűségétől*. Az előző kísérletben is alkalmazott vashengert most étolajba merítjük. A felhajtóerő most kisebb (kb. $0,30 \text{ N}$), mint az előző esetben.

Következtetés: Ha kisebb a folyadék sűrűsége, akkor kisebb a felhajtóerő. (Pontos mérések szerint egyenes arányosság van a két mennyiség között.)

3. Nagyon sok tanuló *tévesen* úgy gondolja, hogy a felhajtóerő nagysága függ a folyadékba merülő *test sűrűségétől* is. E téves elképzelés cáfolata végett célszerű elvégezni a kísérletet a fentiekhez hasonlóan, egyenlő térfogatú réz- és alumíniumhengerrel is, és a kapott eredményeket összehasonlítani az első kísérlet első mérési eredményével. A felhajtóerő mindhárom esetben ugyanakkora ($0,35 \text{ N}$).

Következtetés: A felhajtóerő nem függ a bemerülő test sűrűségétől.

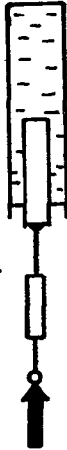
Bár következik Arkhimédész törvényéből, a kísérleti kipróbálás során az azonos mérési eredmények meglepetést okoztak a tanulók többsége számára. (Néhányan mérési hibára gyanakodtak az azonos eredmények láttán.)

Megjegyzés: A „memóriás” erőmérővel csak akkor tudunk mérni kis erőket, ha a rögzítésül szolgáló kis fémlemezket benyomjuk, oldjuk a rögzítést. Az eddig ismertetett kísérletek elvégezhetőek a „hagyományos” erőmérővel is. Ebben az esetben azonban az erőmérőt a mérlegkar másik oldalán levő fémhenger fölött akasztjuk a fémhengert tartó kampóba, s felfelé húzzuk, míg létre nem jön az egyensúly.

A mérések ellenőrzését az Arkhimédész törvényének konkrét esetekre történő alkalmazását szolgálja, ha megmérjük a tanulókkal a kísérletekben alkalmazott hengerek térfogatát, s ezek alapján számíttatjuk ki a rájuk ható felhajtóerőt, majd összehasonlítjuk a kétféle módon nyert eredményeket.

4. Tanulságos a tanulók számára a *felhajtóerő változásának* a mérése, miközben a testet egyre jobban bemerítjük a folyadékba. A „hagyományos” erőmérőre függesztjük a mechanikai tanuló kísérleti készletben levő fahengert. Az erőmérő a henger súlyát mutatja. Amint fokozatosan a vízbe merítjük, egyre nagyobb lesz a hengerre ható felhajtóerő. Mivel a henger súlya és a felhajtóerő ellentétes irányú, az erőmérő a két erő különbségét mutatja (3. ábra). Elérkezünk egy olyan bemerülési szinthez, amikor az erőmérő nem mutat kitérést. Ebben az esetben a két erő egyenlő, különbségük zéró.

A „memóriás” erőmérővel az is tanulmányozható, hogy miként növekszik tovább a felhajtóerő, ha a fahengert fokozatosan a víz alá nyomjuk. Most az erőmérő azt mutatja, hogy mennyivel nagyobb a felhajtóerő a henger levegőben mért súlyánál (4. ábra).



3. ábra



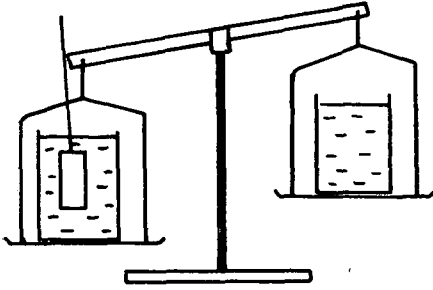
4. ábra

5. Eddigi vizsgálatainkban mindig azt vizsgáltuk, hogy mekkora a folyadékba merülő testre ható erő. Tanulságos annak a vizsgálata is, hogy milyen hatást fejt ki *a test a vízre*.

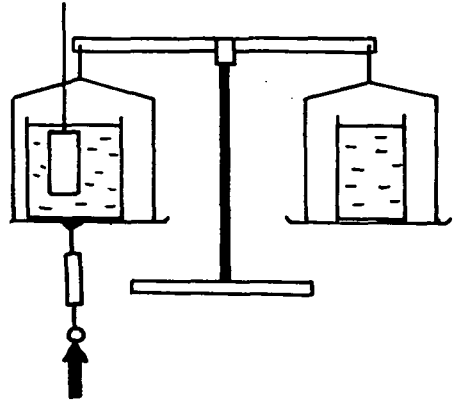
A karosmérleg két serpenyőjébe egy-egy főzőpoharat teszünk kb. kétharmad részig töltve vízzel. A mérleg egyensúlyban van. Ezután egy fonálra függesztett vashengert merítünk az egyik főzőpohárba levő vízbe. A mérlegnek ez az oldala lefelé mozdul el (5. ábra).

Kérdés: Mekkora ez a vízre ható erő? (A henger súlyával vagy a felhajtóerővel egyenlő? Vagy a henger súlya és a felhajtóerő közti különbséggel egyenlő?) A kérdésre a mérés elvégzése révén adhatjuk meg a választ. Ha felfelé nyomjuk a „memóriás” erőmérővel a mérleg serpenyőjét addig, míg a mérlegkar újra vízszintes nem lesz, az erőmérő a korábban mért felhajtóerővel egyenlő nagyságú erőt ($0,35 \text{ N}$) mutat (6. ábra). A vízre lefelé ható erő tehát a vele ellentétes irányú felhajtóerővel ($0,35 \text{ N}$) egyenlő.

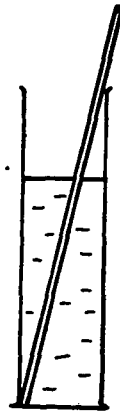
6. Érdekes és *többféle módon megoldható problémát* adhatunk a tanulók számára a következő módon. Egy henger alakú edénybe (pl. mérőhengerbe) vizet öntünk 10 cm magassáig. Ebbe egy 20 cm hosszú hurkapálcát állítunk (7. ábra). A hurkapálcának kisebb a sűrűsége, mint a víznek, mégsem úszik, hanem lemerül a vége az edény aljáig. Mi a magyarázata?



5. ábra



6. ábra



7. ábra

A tanulók számára nagyon meglepő a felvetett probléma, de kis gondolkodási idő után a hétköznapi tapasztalatoktól a tanult összefüggések alkalmazásáig igen sokféle, érdekes választ adnak. Meggyőző és motiváló hatású, ha az egyes válaszok után mindjárt a gyakorlatban is ellenőrizzük a válaszok helyességét.

Néhány tanulói válasz: Ha nagy alapterületű edénybe tennénk a vizet, abban „el tudna dőlni” a hurkapálca, s akkor úszna a víz felszínén. – Ha „mélyebb” lenne a henger alakú edény, akkor ebben a megközelítően függőleges helyzetben is úszna a pálca. – Ha letörnénk a pálcából egy darabot, akkor is úszna a pálca, ugyanebben az edényben. – A pálcának csak a fele van a vízben, s ezért kisebb a felhajtóerő, mint a pálca súlya. – Ha feltételezzük, hogy a pálca sűrűsége $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, akkor az úszás-

kor a $\frac{8}{10}$ része van a vízben, $\frac{2}{10}$ része a víz felett. Csak akkor úszik a pálca, ha az edény „lehetővé teszi”, hogy ilyen arányban merüljön el.

*

Arkhimédész törvényével és az úszással kapcsolatos sok *érdekes könyvrészletet* idézhetünk a fakultatív foglalkozáson, vagy ajánlhatunk otthoni olvasmányként. Számos, legendás történetet idéz Szirakuza ostromáról, Arkhimédész hadi gépeiről Kudrjavcev:

A fizika története című könyve. Ugyanitt olvashatjuk Arkhimédész törvényének „eredeti” megfogalmazását is: „Ha a folyadéknál könnyebb szilárd testeket folyadékba merítjük, olyan erővel igyekeznek a felszínre, amely egyenlő azzal a súlytöbbslettel, amennyivel a testek térfogatával azonos térfogatú folyadék nehezebb ezeknél a testeknél. Ha a folyadékoknál nehezebb szilárd testeket folyadékba merítjük, azok egyre mélyebbre süllyednek, míg feneket nem érnek; ezek a testek, a folyadék belsejében lévén, annyit vesztenek súlyukból, amennyit a testek térfogatával egyenlő térfogatú víz nyom” (4.: 59–66. o.).

Részletesen ismerteti Arkhimédész munkásságát Simonyi Károly is (5.: 72–81. o.). A tanulók szintjének megfelelő, regényes életrajz. „A szirakuzai óriás” [6]. Rövid, tömör összefoglalót ad Arkhimédész munkásságáról a Kalandozások a fizika birodalmában című könyv (7.: 15–19. o.). Sok érdekes technikai alkalmazásról olvashatunk Arkhimédész törvényével és az úszással kapcsolatosan A fizika és a haladás című sorozat II. kötetében [8]. Brehm: Az állatok világa című könyvéből pedig arra kapunk választ, hogy miképpen képesek a halak testük átlagos sűrűségét változtatni, s azáltal lemerülni, lebegni, felemelkedni a vízben (9.: 11. o.).

*

A kísérleti kipróbálás tapasztalatai szerint a közölt feladatok, kísérletek – összességüket tekintve – eléggé szorosan kapcsolódnak a fizikaórákon szerzett ismeretekhez, így a tanulók jól tudják követni azokat. Ugyanakkor tartalmazznak annyi új elemet, hogy eléggé újszerűek, érdekesek legyenek a tanulók számára. Ennek ellenére lehetséges, hogy más csoportok esetében egyes feladatok nehézznek, mások túl könnyűnek bizonyulnak. A leírtakat ezért olyan javaslatnak tekintjük, amelyet a gyakorlat során a fakultatív foglalkozást vezető tanárok sokféle módon alakítanak, formálnak.

IRODALOM

- [1] Zátanyi Sándor: Eredményvizsgálat témazáró feladatlapokkal. Fizika 6–8. osztály. OPI, Bp., 1982.
- [2] Az általános iskolai nevelés és oktatás terve. A fakultatív foglalkozások programja. Energia. MM, Bp., 1984.
- [3] Smidéliusz Zsuzsa–Zátanyi Sándor: Energia. Javaslat az Energia című fakultatív program anyagának feldolgozásához. 8. osztály. (Kézirat.)
- [4] P. Sz. Kudrjavcev: A fizika története. Akadémiai Kiadó, Bp., 1953.
- [5] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Gondolat, Bp., 1978.
- [6] Száva István: A szirakuzai óriás. (Regény Arkhimédész életéről.) Móra Kiadó, Bp., 1959.
- [7] H. Backe: Kalandozások a fizika birodalmában. Móra Könyvkiadó, Bp., 1980.
- [8] Fehér Imre–Horváth Árpád: A fizika és a haladás. II. kötet. Tankönyvkiadó, Bp., 1962.
- [9] A. E. Brehm: Az állatok világa. II. kötet. Bibliotheca, Bp., 1958.