

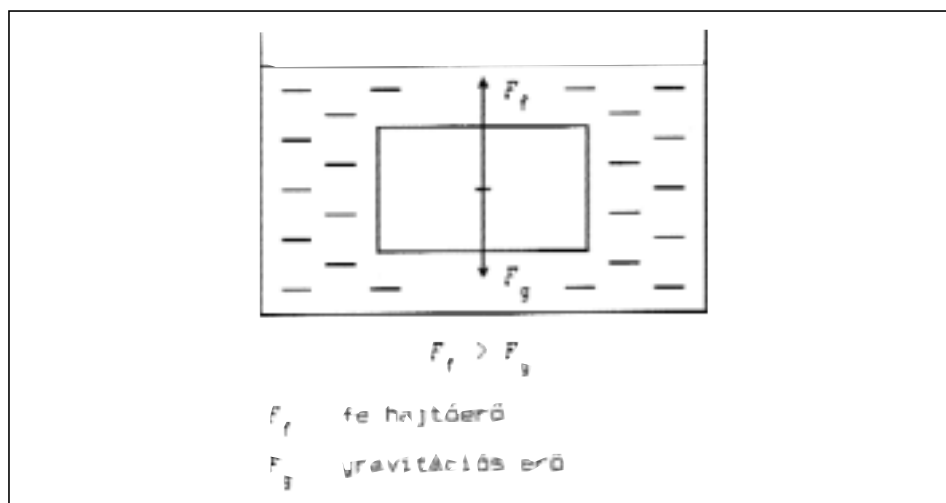
Kölcsönhatás a tanulók előismeretei és az iskolában szerzett ismeretek között

Vizsgálatot végeztünk a tanulók megértésbeli problémáinak feltárására, illetve hogy az előismeretek és az iskolában szerzett ismeretek hogyan hatnak egymásra. „Mely tárgyak úsznak a vízben?” – erre a kérdésre adott 2767 választ értékeltünk. Tizenkét iskola, 1519, 5–8. évfolyamos tanulójának írásait elemeztük.

A testek úszása

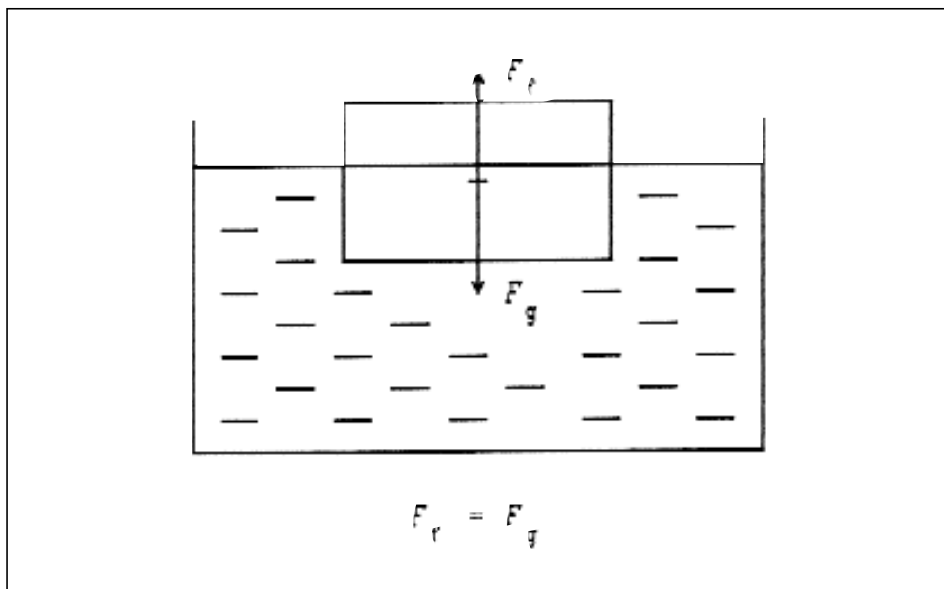
Arkhimédész (i. e. 287–212) már több mint kétezer évvel ezelőtt felismerte a róla elnevezett törvényt és a testek úszásának feltételét (1). Több évszázad telt el azonban, míg általánosan ismertté váltak ezek az összefüggések. Az emberek többsége számára természetesnek tűnt, hogy a fa úszik a vízben. A víznél nagyobb sűrűségű testekről azonban úgy gondolták, hogy csak akkor úsznak, ha laposak és nagy felületűek. Például a vasfazék azért úszik a vízben, mert lapos és nagy a felülete. Galilei (1564–1642) úgy győzte meg a vele vitatkozókat, hogy a vízben úszó vasfazékot a víz alá nyomta. A fazék nem emelkedett a víz felszínére, pedig a felülete változatlan maradt.

A testek úszását jelenleg az általános iskola 7. osztályában tanítjuk. (Természetesen tananyag a Nemzeti Alaptantervben is.) A mai tankönyvek a következő módon (vagy ehhez hasonlóan) fogalmazzák meg az úszás feltételét: „Azok a testek úsznak a folyadékban, amelyeknek anyaga kisebb sűrűségű, mint a folyadék sűrűsége”. (2) Ezzel összefüggésben a tankönyvek – Arkhimédész törvényéből kiindulva – összehasonlítják a testre ható felhajtóerőt és gravitációs erőt is. Ha a folyadék belsejében tartjuk a folyadék sűrűségénél kisebb sűrűségű testet, akkor a felhajtóerő nagyobb, mint a gravitációs erő (1. ábra). A test



1. ábra

a nagyobb erő irányába elmozdul, és fokozatosan kiemelkedik a folyadékból. Eközben azonban csökken a testre ható felhajtóerő. Addig emelkedik ki a test a folyadékból, míg a felhajtóerő egyenlő nem lesz a gravitációs erővel (2. ábra). Ekkor úszik a test a folyadékban. Az úszás feltétele tehát a testre ható felhajtóerő és gravitációs erő egyenlőségével is meghatározható.



2. ábra

A tanulók már az úszással kapcsolatos iskolai tanulmányaik előtt is számos tapasztalatra, előismeretre tesznek szert. Ezek alapján legtöbbjük próbál valamilyen általánosításhoz is eljutni. E megfogalmazások legtöbbje azonban csak egy-egy részmegfigyelésen, valamilyen speciális tulajdonságon alapul. Így ezekkel szemben mindig lehet találni olyan konkrét tárgyat, amely kimarad a meghatározás köréből. Mások túl tágra fogalmazzák meg az úszás feltételét, így az olyan eseteket is magában foglal, amelyekre az úszás feltétele nem érvényes.

A tapasztalatok általánosítása önállóan azért nehéz a tanulók számára, mert csak fokozatosan jutnak el annak felismeréséhez, hogy az anyagok sokféle tulajdonsága közül a sűrűség a meghatározó (tömeg/térfogat). További probléma, hogy önmagában nem lehet ezt a mennyiséget sem egyetlen kritériumnak tekinteni, mivel ezt még viszonyítaniok kell a folyadék (ebben az esetben a víz) sűrűségéhez. A tanulók többsége éppen ezért csak az iskolai tanulmányai keretében jut el az úszás feltételének a megismeréséhez. Az iskolai ismeretszerzést azonban jelentősen befolyásolják a tanulók előismeretei, az ezekhez kapcsolódó elképzelések. Ugyanakkor az iskolában szerzett ismeretek visszahatnak a tanulók gondolkodásának fejlődésére.

Az úszásra vonatkozó tapasztalatok és az ezekkel kapcsolatos általánosítások feltárása értékes információkat adhat a tanulók szemléletének, gondolkodási képességének a megismerésére. Ezen a téren alapozó jelentőségűek azok a vizsgálatok, amelyeket Piaget és munkatársai végeztek a gondolkodás fejlődésének pszichológiai, logikai feltárása érdekében. Laboratóriumi vizsgálataik során többek között arra kerestek választ, hogy miként tudják a 4–14 éves gyerekek, fiatalok általánosítva megfogalmazni, hogy *mely tárgyak úsznak a vízben*. Ezt követően a vizsgált személyekkel együtt kísérletileg

ellenőrizték az állítás helyességét, felismertették az esetleges hibákat, majd az általánosítás módosítását kérték a vizsgálatban résztvevőktől. Ezek alapján lehetőségük nyílt annak felderítésére, hogy milyen fejlődési fokozatokon keresztül jutnak el a gyerekek (fiatalok) az általuk megfogalmazott téves általánosítás és a tapasztalati tények közötti ellentmondás feloldásához. *A testek úszása és az ellentmondások kiküszöbölése* című tanulmányuk érzékletesen mutatja az úszással kapcsolatos általánosítások ellentmondásosságát. (3)

Kiss Árpád javaslatára és tanácsai alapján Piaget vizsgálataiból kiindulva, évekkel ezelőtt kísérletet tettünk annak megállapítására, hogy milyen szintű általánosításhoz jutnak el nálunk a 6–14 éves tanulók a testek úszásával kapcsolatban. A vizsgálat tapasztalatai azt mutatták, hogy tanulóink a mi viszonyaink között is lényegében ugyanolyan válaszokat adtak, mint az eredeti vizsgálatban részt vett svájci gyerekek. (4)

Az egyéni vizsgálat nagyon részletes információkat adott a vizsgálatban részt vett tanulók tapasztaltainak körére, az általánosítás szintjére, gondolkodásuk módjára, fejlettségére, az elemzés azonban szükségszerűen csak néhány tanulóra terjedhetett ki. Célszerűnek láttuk ezért a vizsgálatot nagyobb mintán is elvégezni, hogy további, szélesebb körű tájékozottságot nyerjünk a tanulók úszással kapcsolatos tapasztalatairól, előismereteiről, elképzeléseiről. A 7–8. évfolyamos tanulók válaszainak elemzése alapján pedig ezen túlmenően, arra kívántunk választ kapni, hogy miként befolyásolják a tanulók ismeretszerzését a korábban szerzett tapasztalatok, előismeretek, elképzelések; miként élnek tovább mindezek a tanulók tudatában, és miként hatnak vissza az iskolában szerzett ismeretekre.

Vizsgálatunkat azzal a céllal terveztük, hogy a szerzett tapasztalatokat fel tudjuk használni a *tanulók megértésbeli problémáinak* a feltárására, megoldására és olyan tanítási-tanulási eljárás kidolgozásához, amely optimálisan igazodik a tanulók előzetes elképzeléseihez, előismereteihez és gondolkodásmódjához.

A nagyobb létszámú vizsgálat azonban nem teszi lehetővé az egyéni beszélgetés módszerének az alkalmazást. Vizsgálatunkat ezért osztálykeretben szerveztük meg az adott osztályokban tanító kollégák közreműködésével. A tanulóktól azt kértük, hogy adjanak írásban választ a következő kérdésre: *Mely tárgyak úsznak a vízben?* (Az 5. osztályos tanulókra való tekintettel használtuk a *tárgy* szót a fizikában használatos *test* szó helyett.)

A vizsgálatban 12 iskola 5–8. évfolyamaiból 1519 tanuló vett részt. (5) A tanulók többsége a kérdésre több választ is adott. (Egy-egy válasznak számítottuk a különböző típusú általánosításokat: a tárgyak felsorolását vagy az anyag valamely tulajdonságának a megnevezését stb.) Így összesen 2767 válasz elemzésére nyílt lehetőség. A tanulók és az adott válaszok évfolyamonkénti megozslása az 1. táblázatban látható.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
A tanulók száma	362	371	384	402
A válaszok száma	645	716	739	667

1. táblázat

A tanulók válaszai

A vizsgálatban részt vett tanulók többsége helyes értelemben használja az *úszás* szót. Néhány 5–6. évfolyamos tanuló azonban úgy értelmezi, mint a vízben való haladást: „Úszik a sportoló” (5. évf.); „Azok a tárgyak úsznak, amelyeket motor hajt” (5. évf.); „Úszik az evezős csónak” (6. évf.) stb. Valóban úszásról van szó ezekben az esetekben

fizikai szempontból is (mivel fennmaradnak a vízben e testek), de a vízben való haladás nem feltétele az úszásnak.

További értelmezési probléma az úszással kapcsolatosan, hogy néhány tanuló az úszással azonos értelemben használja a *lebegés* szót: „A fa is tud lebegni a vízben. A fémek és a műanyag is lebeg a vízben” (5. évf.); „A fa könnyű és lebeg a víz tetején” (6. évf.); „Vannak egyes műanyagok is, amelyek lebegnek a vízben” (6. évf.).

A következőkben a vizsgálat során kapott tanulói válaszokat vesszük számba, függetlenül attól, hogy azok tantárgyi szempontból helyesek vagy hibásak. Tartalmi szempontból a válaszok a következő csoportokba sorolhatók:

a) Konkrét tárgyak felsorolása

Az 5. osztályos tanulók többségére még az jellemző, hogy tárgyak megnevezésével adtak választ a feltett kérdésre („Mely tárgyak úsznak a vízben?”). E válaszok számbavétele, ismerte különösen módszertani szempontból hasznos, tanulságos. Az úszás tanítása-
kor ugyanis elsődlegesen ezekre a konkrét tanulói példákra számíthatunk a tapasztalatok számbavételekor. A 2. táblázat azokról a tárgyakról ad tájékoztatást, amelyeket a tanulók valamelyik évfolyamon legalább 5%-os arányban megneveztek.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
Hajó	55,5 %	27,8 %	16,3 %	17,9 %
Csónak	36,2 %	19,9 %	3,4 %	6,5 %
Labda	19,6 %	7,3 %	5,2 %	6,5 %
Úszógumi, gumimatrac	17,7 %	12,4 %	5,5 %	7,2 %
Levél, falevél	11,6 %	4,6 %	1,3 %	2,7 %
Szivacs, mosdószivacs	6,1 %	4,3 %	2,9 %	3,5 %
Palack, sörösüveg	5,5 %	4,9 %	0,8 %	2,5 %
Madarak	5,0 %	3,0 %	0,3 %	1,2 %
Halak	5,0 %	0,8 %	0,5 %	0,2 %

2. táblázat

Érdekes, hogy a hajó és a csónak kiemelkedően magas arányban szerepel a válaszok között, függetlenül attól, hogy a vizsgálatban részt vett tanulók folyó mentén vagy attól távoli helységeben laknak. Egyes tanulók ezen belül 6–8 féle hajó-, illetve csónaktípust is megneveznek: anyahajó, hadihajó, olajszállító hajó, vitorláshajó, gőzhajó, tankhajó, katarán, halászhajó, jégtörő hajó, teherhajó, illetve gumicsónak, kenu, kajak, mentőcsónak, motorcsónak, ladik, bárka, vitorláscsónak. (Egy válasznak tekintettük, ha a tanuló többféle hajótípust írt.)

Az úszógumival, gumimatraccal, a palackkal, sörösüveggel kapcsolatosan néhány tanuló megjegyzi, hogy csak akkor úszik, ha levegő van benne. A labda esetében pedig többen feltételként írják, hogy csak akkor úszik, ha nem tömör. A levélre és a szivacsra vonatkozóan néhányan azt írják, hogy ezek a tárgyak csak kezdetben úsznak, miután „beszívták” a vizet, lemerülnek. Azok a tanulók, akik a halakat írták példaként az úszásra, nem tesznek különbséget a lebegés és az úszás között. (A hal fizikai szempontból nézve, lebeg a vízben.)

Az adatok osztályonkénti összehasonlításából kitűnik, hogy a 7. és a 8. osztályban jelentősen csökken a konkrét tárgyak megnevezésének az aránya. Ennek az a magyaráza-

ta, hogy – miután a tanulók a 7. osztályban az úszás feltételét általánosított formában megismerték – többségük ezt a megfogalmazást írta.

b) Anyagok megnevezése, felsorolása

Az általánosítás felé megtett első kis lépésként értelmezhető, ha nem tárgyakat, hanem anyagokat nevez meg a tanuló. Ebben az esetben ugyanis bizonyos fokig már eltekint a tárgyak konkrét valóságától, s kiemeli azok egyik tulajdonságát, az anyagát. Ez a lépés jó irányban, az anyag egy jellemzőjének, a sűrűség szerepének a felismerése irányában történik. A tanulók által valamelyik évfolyamon 5%-nál nagyobb arányban megnevezett anyagokat a 3. táblázat mutatja.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
Fa	48,9 %	53,4 %	35,2 %	40,8%
Műanyag	30,1 %	32,9 %	16,3 %	23,6 %
Papír	16,0 %	14,0 %	6,8 %	10,7 %
Olaj	6,6 %	5,7 %	5,2 %	6,0 %
Üveg	5,8 %	8,1 %	2,1 %	4,7 %
Gumi	5,8 %	5,9 %	2,1 %	3,5 %
Fémek	4,1 %	3,8 %	5,0 %	2,7 %
Parafa	1,7 %	3,2 %	6,0 %	7,7 %
Jég	0,6 %	9,7 %	4,2 %	5,5 %

3. táblázat

Érdekes, hogy a fát és a műanyagot jelentősen magasabb arányban nevezték meg a tanulók mindegyik osztályban, mint a többi anyagot. A nálunk elterjedt fafajták valóban úsznak a vízben. Sűrűségük $0,47 \text{ g/cm}^3$ (lucfenyő) és $0,73 \text{ g/cm}^3$ (bükk) között van.

A műanyagok többsége azonban elmerül a vízben. A legelterjedtebb műanyagok sűrűsége $1,05 \text{ g/cm}^3$ és $2,30 \text{ g/cm}^3$ között van. A tanulók azért juthattak ilyen nagy arányban arra a következtetésre, hogy a műanyag úszik a vízben, mert nagyon sok olyan, műanyagból készült tárgy van, amely valóban úszik a vízben (műanyag labda, játék, palack, csónak, vitorlás stb.). Ezekben azonban levegő is van, így átlagos sűrűségük kisebb, mint a víz sűrűsége. A tanulók azonban csak a műanyagra figyelnek, s ebből általánosítanak. Hasonló problémára vezethető vissza az is, hogy sok tanuló a vízben úszó anyagok közé sorolja az üveget, a gumit és a fémeket. A fémek közül az alumíniumot, a vasat („vasból készül a hajó”) és a higanyt nevezték meg a legtöbben. Néhányan általánosítva azt írták, hogy a fémek, illetve a könnyű fémek úsznak a vízben.

Jelentős azoknak a tanulóknak az aránya, akik az úszó anyagok közé sorolják a papírt. Többen azonban megjegyzik, hogy csak addig úszik, míg el nem ázik. A papír sűrűsége $0,7 \text{ g/cm}^3$ és $1,2 \text{ g/cm}^3$ között lehet. Így a papír – fajtájától függően – úszik, lebeg vagy elmerül a vízben.

c) A tárgyak egy tulajdonságának a megnevezése

A tanulók gondolkodásában jelentős előrelépést jelent, ha már nem az anyagot nevezik meg, hanem annak valamely tulajdonságában keresik az úszás feltételét. A tanulók ilyen jellegű válaszainak az arányát a 4. táblázat mutatja.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
Anyagok felsorolása	53,6 %	63,3 %	34,6 %	45,0 %
Levegő van bennük, üregek	18,8 %	22,6 %	7,6 %	9,0 %
A könnyű tárgyak	10,5 %	15,1 %	2,9 %	3,0 %
Nem szívják be a vizet	5,0 %	3,0 %	0,3 %	–
A lapos tárgyak	4,7 %	4,0 %	1,0 %	1,0 %
Kicsi a tömegük	–	4,3 %	0,5 %	1,7 %
Kicsi a sűrűségük	0,3 %	5,9 %	1,8 %	5,5 %

4. táblázat

Néhány jellegzetes válasz: „A fadarab azért úszik, mert könnyű” (5. évf.); „Minden olyan tárgy úszik, amely műanyagból készült és nem túl nehéz” (7. évf.); „A lapos tárgyak úsznak, pl. a 10 filléres, a vaslemez” (5. évf.); „az olyan anyagok úsznak, amelyek nem tömörek, hanem a belsejükben levegő van (pl. labda, ember, ha mély lélegzetet vesz)” (6. évf.); „Mindenféle olyan tárgyak, amelyek üregek. Addig tudnak lebegni, míg meg nem telnek vízzel” (6. évf.); „A fadarab azért úszik, mert könnyű, a labda, mert levegő van benne” (5. évf.); „az úszógumi azért, mert levegő van benne, a levél, mert kicsi a súlya, a fa, mert kicsi a sűrűsége” (6. évf.).

Az 5. évfolyamos tanulók még nem ismerik a *sűrűség* fogalmát, a 6–8. évfolyamba járó tanulók pedig nem mindig használják e fogalmat kellő biztonsággal. Így a *kicsi*, a *könnyű* vagy a *lyukacsos, üreges tárgyak* kifejezést a tanulók egyes esetekben a *kis sűrűségű tárgyak* értelemben használják. Természetesen ezek a válaszok ezzel a feltételezéssel sem pontosak, mivel hiányzik belőlük a víz sűrűségéhez való viszonyítás.

A 4. táblázatban szereplő válaszok mindegyike igaz a tárgyak bizonyos körére, de valamennyivel szemben lehet ellenpéldát találni (a 20 Ft-os könnyű a fagerendához képest; mégis a 20 Ft-os lemerül, a fagerenda úszik a vízen; a vaslemez lapos és lemerül, a parafadugó nem lapos, és úszik stb.). Bizonyára ezt érzik azok a tanulók is, akik nem elégszenek meg egyféle tulajdonság megnevezésével, hanem további tulajdonságokat is megjelölnek, néha megadva azt is, hogy milyen tárgyakra, anyagokra érvényes az adott kritérium.

A bizonytalanságot növeli az a körülmény is, hogy a válaszok egy része esetében nem lehet egyértelműen meghatározni az érvényesség határát. Mitől kezdve mondhatjuk egy tárgyra, hogy *könnyű*, *kicsi a tömege*, vagy *kicsi a sűrűsége*?

Mindezek ellenére pozitívan kell értékelnünk azokat a válaszokat, amelyek arra engednek következtetni, hogy a tanuló a „vízhez képest kisebb sűrűség” irányában keresi a helyes választ. A válaszokban szereplő *könnyű*, *kicsi a tömege*, *kicsi a sűrűsége* vagy a *levegő van bennük* kifejezések ugyanis erre engednek sok esetben következtetni.

Ezzel ellentétben „zsákutcát” jelentenek a tárgy alakjára utaló válaszok (a lapos tárgyak úsznak). Ezt a kritériumot ugyanis nem lehet „továbbfejleszteni” úgy, hogy az elvezessen a minden tárgyra érvényes megfogalmazáshoz.

d) *Viszonyítás a víz valamely tulajdonságához*

További előrelépést jelent a tanulók gondolkodásában, ha azt is felismerik, hogy nem elég az úzás feltételeként a test valamely tulajdonságát megjelölniök, hanem azt viszonyítaniok kell a víz megfelelő tulajdonságához. A tanulók ilyen jellegű válaszainak az arányáról az 5. táblázat ad tájékoztatást.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
Könnyebbek a víznél	6,4 %	8,6 %	1,8 %	2,5 %
Kisebb a súlyuk a víznél	1,7 %	0,8 %	2,1 %	1,5 %
Kisebb a tömegük a víznél	0,6 %	3,8 %	3,4 %	3,2 %
Kisebb a sűrűségük a víznél	1,1 %	16,4 %	71,4 %	65,9 %
Egyenlő a sűrűségük a vízával	–	–	7,0 %	0,5 %
Nagyobb a sűrűségük a víznél	–	0,8 %	2,6 %	1,2 %

5. táblázat

Néhány jellegzetes válasz: „Szerintem azok a tárgyak úsznak a vízen, amelyekben levegő van és könnyebbek a víznél” (5. évf.); „Amelyek sűrűsége kisebb a víznél, és könnyebbek nála” (6. évf.); „Azok a tárgyak úsznak, amelyeknek a tömegük kisebb a víz tömegénél” (7. évf.); „Az olyan dolgok úsznak, amelyek könnyebbek a víznél” (7. évf.); „A hajók úsznak a vízen, és még azok is, amelyeknek a sűrűsége kisebb, mint a vízé” (7. évf.); „Azok a tárgyak úsznak a vízen, amelyek fából vagy könnyebb anyagból vannak és kisebb a sűrűségük a víznél” (8. évf.); „Azok úsznak a vízen, amelyek könnyűek, és amelyek sűrűsége kisebb a víznél” (8. évf.); „A víznél kisebb sűrűségű tárgyak úsznak a vízen” (7. évf.); „Azok, amelyeknek kisebb a sűrűségük a víz sűrűségénél” (8. évf.).

A fizikai szempontból helyes választ azok a tanulók adták, akiknek az adatai az 5. táblázat 4. sorában található. (Azok a tárgyak úsznak, amelyeknek az anyaga „kisebb sűrűségű, mint a víz sűrűsége.”) Ezt az összefüggést a 7. osztályban ismerik meg a tanulók fizikából. Így természetes, hogy jelentősen megnő ezen az évfolyamon az ilyen válaszok aránya. E megfogalmazások többsége tehát már nem a spontán módon szerzett tapasztalatok, előismeretek hatására születtek, hanem az iskolai tanulmányok eredményeként; a szerzett ismeretek emlékezetbe idézése révén fogalmazták meg a tanulók, kisebb-nagyobb pontossággal.

A 8. évfolyamon a felejtés miatt csökken az ilyen válaszokat adó tanulók aránya. Ezzel párhuzamosan megnő az előző csoportokba sorolt válaszok aránya (tárgyak, anyagok felsorolása, a tárgyak valamely tulajdonságának megnevezése).

Külön figyelmet érdemel az a tény, hogy már az 5. és még inkább a 6. évfolyamra járó tanulók közül is adnak néhányan ilyen választ. Ennek a magyarázatát a következőkben látjuk:

- egyes tanulók önállóan is eljuthattak a helyes összefüggés felismeréséhez;
- mások ismeretterjesztő olvasmányaik alapján ismerték meg az úszás feltételét;
- vannak olyan iskolák, amelyek fizikából a 6. és a 7. osztályban ugyanazt a tankönyvet használják. (6) Bár e tankönyv alapján is csak a 6. osztályban ismerik meg a tanulók az úszás feltételét, lehetőségük van már 6. osztályos korukban az ezzel kapcsolatos rész előzetes tanulmányozására;

- az iskolák többségében a tanulók a 6. osztályban ismerkednek meg a hőáramlással. Van olyan tankönyv, amelyik a jelenség magyarázataként azt is tárgyalja, hogy ahol melegítjük a folyadékot, ott az kitér, sűrűsége kisebb lesz, és a folyadéknak e kisebb sűrűségű része felemelkedik. (7) Ezek alapján is eljuthatott néhány tanuló a helyes megfogalmazáshoz. Erre utal például a következő válasz: „Amikor a vizet melegítettük, a kisebb sűrűségű részecskék felfelé áramlottak” (6. évf.).

Vannak olyan tanulók is, akik tudták ugyan, hogy a tárgy és a víz sűrűségét kell összehasonlítani, de elhibázták vagy eltévesztették a kettő közötti relációt. E tanulók

tévesen vagy azt írták, hogy azok a tárgyak úsznak, amelyeknek a sűrűsége egyenlő a víz sűrűségével; vagy azt, hogy azok, amelyeknek a sűrűségük nagyobb mint a víz sűrűsége.

Az 5. táblázatban szereplő többi válasz igaz a tárgyak bizonyos körére, de – akárcsak a 4. táblázat válaszai esetében – mindegyikkel szemben lehet ellenpéldát találni. (A radír például könnyebb egy pohár víznél, mégis lemerül a pohár vízben. A szappannak kisebb a súlya, mint a fürdőkádban levő víznek, mégis elmerül a szappan a vízben. A kődarabnak is kisebb a súlya, mint a Balaton vízének, mégis elmerül a kődarab a Balatonban. Stb.)

e) A felhajtóerő és a gravitációs erő összehasonlítása

A használatban levő általános iskolai tankönyvek a folyadékok és a bennük levő test sűrűségének az összehasonlítása alapján határozzák meg az úszás, lebegés és lemerülés kritériumait. Ezek mellett azonban kiindulási alapként, vagy utólagos magyarázatként a felhajtóerő és a gravitációs erő összehasonlítása alapján is megfogalmazzák az úszás, a lebegés és a lemerülés feltételeit. (8) Így természetesnek kell tartanunk, hogy a 7. osztálytól kezdődően a tanulók egy része e két erő összehasonlítása alapján ad választ a feltejt kérdésre. E válaszok arányát a 6. táblázat mutatja.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
A felhajtóerő nagyobb a gravitációs erőnél	–	–	13,3 %	1,2 %
A felhajtóerő egyenlő a gravitációs erővel	0,3 %	0,5 %	15,9 %	0,7 %

6. táblázat

Néhány jellegzetes válasz: „Az úszás feltétele: a felhajtóerő nagyobb legyen, mint a gravitációs erő” (7. évf.); „Ha a gravitációs erő kisebb, mint a felhajtóerő, akkor a test úszik” (7. évf.); „Azok a tárgyak úsznak, amelyeknek kisebb a sűrűségük a víznél, így a felhajtóerő nagyobb lesz a gravitációs erőnél” (8. évf.); „Azok a testek úsznak a vízen, amelyekre ugyanakkora felhajtóerő hat, mint gravitációs erő” (7. évf.); „A felhajtóerő és a gravitációs erő egyenlő” (7. évf.).

A kétféle válasznak egyaránt megvan a maga indoka:

– a vízbe merített tárgy csak akkor emelkedik fel a víz felszínére, ha nagyobb a rá ható felhajtóerő, mint a gravitációs erő. Egyébként nem emelkedik fel a tárgy a felszínre, nem úszik;

– ha viszont a tárgy úszik a vízen, akkor valóban egyenlő a felhajtóerő és a gravitációs erő. (Ezért van nyugalomban.) Igaz az is, hogy ugyanez a kritérium elmondható a vízben lebegő tárgyra is. (Ezért nem emelkedik a tárgy feljebb, de nem is süllyed el.)

Érdekes, hogy a 8. osztályos tanulók jelentősen kisebb arányban határozták meg az úszás feltételét a felhajtóerő és a gravitációs erő összehasonlításával, mint a 7. osztályos tanulók. Feltehető, hogy ezzel kapcsolatosan nagymértékű a felejtés. A különbség e tekintetben sokkal nagyobb, mint tárgy és a folyadék sűrűsége alapján történő meghatározás esetében.

A tapasztalatok összegezése

A tanulók ismereteiben és a hozzájuk kapcsolódó gondolkodásmódban tapasztalható fejlődés tendenciáinak, jellegzetességeinek a meghatározásához célszerű csoportonként összegeznünk a tanulói válaszokat. A 7. táblázat ezeket az adatokat tartalmazza. Amennyiben a tanuló egy csoporton belül több választ is adott (pl. több anyagot nevezett meg),

a táblázatban ez egy válaszként szerepel. **Vastag** számok jelzik a táblázatban azokat a válaszokat, amelyek az adott évfolyam tanulóira a legjellemzőbbek.

Évfolyam	5.	6.	7.	8.
a) Konkrét tárgyak felsorolása	73,8 %	41,8 %	25,3 %	23,4 %
b) Anyagok felsorolása	53,6 %	63,3 %	34,6 %	45,0 %
c) A tárgyak tulajdonságának megnevezése	39,2 %	55,0 %	14,1 %	20,1 %
d) Viszonyítás a víz valamely tulajdonságához	9,7 %	30,5 %	88,3 %	74,9 %
e) Viszonyítás: gravitációs erő és felhajtóerő	0,3 %	0,5 %	29,2 %	2,0 %
Nem értékelhető válasz	1,7 %	1,9 %	1,0 %	0,5 %

7. táblázat

A 7. táblázatból és a tanulók válaszaiból kiolvasható tendenciák, jellegzetességek a következők:

1. Haladás a konkrétól az általános felé

A fizikai tanulmányokat megelőzően, az 5. évfolyam tanulóinak a többsége konkrét tárgyakat nevez meg válaszként arra a kérdésre, hogy mely tárgyak úsznak. A 6. évfolyamra járó tanulók legnagyobb arányban a tárgyak valamely tulajdonságát jelöli meg az úszás kritériumaként. A 7. évfolyamba járó tanulók (miután fizikából megismerték az úszás feltételét) legnagyobb arányban a vízben levő test és a víz valamely tulajdonságának az összehasonlítása alapján határozzák meg az úszás feltételét. Ezen belül dominál (71,4 %) a fizikai szempontból helyes válasz (a tárgy sűrűsége kisebb, mint a víz sűrűsége). A 8. évfolyamos tanulókra ugyanez jellemző, csak kisebb arányban.

Az úszás feltételével kapcsolatos ismeretek fejlődésében tehát a következő tendencia tapasztalható az 5–8. évfolyamos tanulók körében a spontán ismeretszerzés és az iskolai oktatás hatására:

- konkrét tárgyak felsorolása;
 - anyagok felsorolása;
 - a tárgyak tulajdonságainak megnevezése;
 - A tárgy valamely tulajdonságának viszonyítása a víz megfelelő tulajdonságához.
- Ezen belül: az úszás feltétele, hogy a tárgy sűrűsége kisebb legyen, mint a víz sűrűsége.

2. Koegzisztencia a különböző szintű megfogalmazások között

Mindegyik évfolyamon jellemző a tanulók többségére a különböző szintű válaszok egyidejű megfogalmazása a feltett kérdésre: tárgyak megnevezése az anyagok mellett; anyagok felsorolása a tárgyak tulajdonságainak megjelölése mellett; tárgyak, anyagok, tulajdonságok megnevezése az általánosan megfogalmazott feltétel mellett stb. E válaszok többsége jól tükrözi, hogy miként próbál a tanuló eljutni valamilyen általánosított megfogalmazáshoz; de érezve annak túl szűk vagy túl tág terjedelmét, újabb részáltalánosítást vagy konkrét példát fűz mellé. Sok esetben úgy tűnik, hogy a tanuló mintegy megerősítésként, a „biztonság kedvéért” írja az egyik válasz mellé a másikat is. Más esetekben példaként szerepel az általános megfogalmazás mellett az alacsonyabb szintű válasz.

3. Részleges visszarendeződés a 8. évfolyamon

A 7. évfolyamon a tanulók többsége fizikai szempontból helyesen fogalmazza meg az úszás feltételét. Ehhez viszonyítva visszaesés mutatkozik a 8. évfolyamon; ugyanakkor megnő az alacsonyabb szintű megfogalmazásoknak az aránya. Ennek okát a következőkben látjuk:

a) az úszás feltételének fizikaórán történő elemzéséhez, megértéséhez számos előzetes ismeret és a gondolkodási képesség megfelelő szintű fejlettsége szükséges. Valószínű, hogy a tanulók egy része nem rendelkezik ezekkel a feltételekkel az úszás feltételének tanítása, tanulása idején. Így az ő számukra nem válik kellően megértetté ez az ismeret;

b) a fizika tanítása-tanulása során az iskolák többségében csak egy vagy két órában foglalkoznak az úszás jelenségével, az úszás, lebegés, elmerülés feltételeinek a vizsgálatával. A tanulók egy része számára kevés a gyakorlás, megerősítés; így jelentős a felejtés;

c) nagyon sok tanuló tudatában az iskolában szerzett ismertek mellett tovább élnek és hatnak a spontán módon szerzett tapasztalatok, előismeretek, elképzelések. Ezek egy része téves. Helyesbítésükhöz, „kiszorításukhoz” – a tanulók egy része esetében – nem eléggé hatékony és tartós az iskolai ismeretszerzés.

Módszertani következtetések

1. A Nemzeti Alaptantervben a 10. évfolyam végén időszerű fejlesztési követelmények között szerepel az úszás, lebegés és elmerülés feltételének az ismerete és alkalmazása gyakorlati példákra. (9) E tananyagrészt feldolgozására tehát vagy a 9. vagy a 10. évfolyamon kerül sor. Így várható, hogy addig a tanulók a jelenleginél nagyobb arányban jutnak el a tapasztalatok, előismeretek alapján az úszással kapcsolatosan helyes következtetésekhez, általánosításokhoz. Minden bizonnyal, ezzel párhuzamosan a tanulók *fejlettebb gondolkodási képességgel* rendelkeznek, így kedvezőbbek lesznek a feltételek az úszással kapcsolatos ismeretek megértésére, befogadására, megőrzésére.

2. Célszerű az oktatás során az eddiginél jobban szétválasztani az *úszás* és a *lebegés* fogalmát, mivel a tanulók egy része előzetes ismereteiben nem tesz különbséget e két fogalom között.

3. Az úszással kapcsolatos ismertek feldolgozása során nemcsak az új anyag feldolgozására kell figyelmet fordítanunk, hanem gondoskodnunk kell a tanulók tudatában levő *téves következtetések, elképzelések helyesbítéséről*, a hibás részáltalánosítások cáfolatáról is.

4. Javasoljuk az eddigieknél több példával megerősíteni az *átlagsűrűség* fogalmát; ezzel egyidejűleg tisztázni, hogy a tömör alumínium, vas, üveg és gumi nem úszik a vízben. A fémből készült hajó, a csónak, a palack, a sörösvég, a gumimatrac, az úszógumi és a labda azért úszik, mert a benne levő levegővel együtt az átlagsűrűsége kisebb, mint a víz sűrűsége.

5. A folyadékban levő testre ható gravitációs erő és felhajtóerő irányának és nagyságának összehasonlításakor célszerű határozott különbséget tenni az alábbi két helyzet között:

a) a test teljes egészében a folyadékban van. Ha a felhajtóerő nagyobb, mint a gravitációs erő, akkor a test felfelé mozdul el, míg egy része ki nem emelkedik a vízből;

b) a test a víz felszínén úszik. Ekkor a felhajtóerő egyenlő a gravitációs erővel. Ez egyúttal az úszás feltételének egyik meghatározása. (Célszerű tudatosítanunk a tanulókban, hogy egyébként a két erő nagyságának egyenlő volta jellemző a lebegésre is.)

6. A tapasztalatok szerint tartósabban megőrzik a tanulók az úszás feltételére vonatkozó ismereteket, ha az úszás kritériumát a test és a folyadék sűrűsége alapján fogalmazzuk

meg, mint akkor, ha azt a felhajtóerő és a gravitációs erő összehasonlítása alapján határozzuk meg. (Természetesen, a két meghatározás között szoros logikai kapcsolat van.)

7. Szükséges lenne elő- és utófelmérésekkel ellenőrzött vizsgálatokat végezni a különböző módszertani feldolgozások hatékonyságának összehasonlítása végett, és annak megállapítása érdekében, hogy milyen előnyök és problémák járnak az alábbi feldolgozási módokkal együtt:

a) a folyadékban levő testre ható gravitációs erő és felhajtóerő összehasonlítása; következtetés ebből az úszás, lebegés, illetve az elmerülés feltételére; a folyadék és a test sűrűségének az összehasonlítása úszás, lebegés, illetve elmerülés esetén;

b) a testre ható gravitációs erő és a felhajtóerő összehasonlítása; a folyadék és a test sűrűségének az összehasonlítása; az úszás, lebegés, illetve az elmerülés feltételének megfogalmazása;

c) a folyadék és a test sűrűségének összehasonlítása; az úszás, lebegés, illetve elmerülés feltételének megfogalmazása; magyarázat a testre ható gravitációs erő és a felhajtóerő összehasonlítása révén. (10)

8. Az előnyök és problémák ismeretében szükséges lenne választási lehetőséget biztosítani olyan tankönyvek között, amelyekben különböző módon vannak feldolgozva – többek között – az úszással kapcsolatos ismeretek.

Jegyzet

(1) SIMONYI KÁROLY: *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Bp. 1978, 73. old.; KUDRJAVCEV, P. SZ.: *A fizika története*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1951, 117. old.

(2) ZÁTONYI SÁNDOR–IFJ. ZÁTONYI SÁNDOR: *Fizika 6/1*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1994, 130. old.; *Fizika 13 éveseknek*. Szerk.: HALÁSZ TIBOR. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged 1993, 59. old.; CSÁKÁNY ANTALNÉ–KÁROLYHÁZY FRIGYES–SEBESTYÉN ZOLTÁN: *Fizika 7*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1994, 93. old.

(3) = INHEIDER, B.–PIAGET, J.: *A gyermek logikájától az ifjú logikáig*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1967, 28–50. old.

(4) ZÁTONYI SÁNDOR: *A tanulók gondolkodásának fejlődéslelektani vizsgálata a fizika tanításához*. Magyar Pedagógia, 1969. 11. sz.

(5) Ajka, Eötvös Loránd Általános Iskola; Budapest, Áldás utcai Általános Iskola; Enese, Általános Iskola; Gölle, Körzeti Általános Iskola; Jászboldogháza, Általános Iskola; Lébény, Általános Iskola; Magyarpolány, Általános Iskola; Martfű, Általános Iskola; Sopron, Szent Orsolya Általános iskola és Gimnázium; Szolnok, Konstantin Általános Iskola; Szolnok, Széchenyi körüti Általános Iskola; Zsira, Általános Iskola.

(6) ZÁTONYI SÁNDOR–IFJ. ZÁTONYI SÁNDOR: *Fizika 6/1*, i. m.; ZÁTONYI SÁNDOR–IFJ. ZÁTONYI SÁNDOR: *Tanácsok a Fizika 6/1. és a Fizika 6/2. tankönyvek és témazáró feladatlapok használatához*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1994, 37. old.

(7) *Fizika 12 éveseknek*. Szerk.: HALÁSZ TIBOR. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged 1993, 55. old.

(8) ZÁTONYI SÁNDOR–IFJ. ZÁTONYI SÁNDOR: *Fizika 6/1*, i. m., 131. old.; *Fizika 13 éveseknek*, i. m., 59. old.; CSÁKÁNY ANTALNÉ–KÁROLYHÁZY FRIGYES–SEBESTYÉN ZOLTÁN: *Fizika 7.*, i. m., 91. old.

(9) *Nemzeti Alaptanterv*. Művelődési és Köznevelési Minisztérium, Bp. 1995, 135. old.

(10) *Útmutató az általános iskolai fizika tananyagának korrekciójához*. Szerk.: ZÁTONYI SÁNDOR. Országos Pedagógiai Intézet, Bp. 1986, 10–11. old.; ZÁTONYI SÁNDOR–IFJ. ZÁTONYI SÁNDOR: *Fizika 6/1.*, i. m., 129. old.