

TANULÓK FIZIKÁVAL KAPCSOLATOS TÉVHITEI

Mégsem mozog a Föld?

Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna
Fazekas Mihály Általános Iskola, Kiskunhalas
Horváth Gábor
ELTE Biológiai Fizika Tanszék

Hazai és nemzetközi neveléstudományi tanulmányokban egyre gyakrabban találkozunk a tévképzet (angol nyelvű irodalomban: *misconception*, *alternative conception*, *preconception*) és gyerek tudomány (*children's science*) fogalmakkal. Oktatókutatók keresik az okát és gyakoriságát annak, hogy a tanulók nézete és jelenségértelmezése eltér-e a természettudományok mai ismereteitől és paradigmáitól. Az ELTE és SZTE [1–3] ilyen témájú kutatásainak eredményeit a tanárképzésben használt tankönyvekből és szakmai folyóiratokból megismerve, saját kutatást végeztünk. Kiválasztottuk a fizikával kapcsolatos azon tévképzeteket, amelyeket e publikációk leggyakrabban említettek, majd kiegészítettük a saját tapasztalataink szerint elterjedtnek tűnő tévhitekkel. Egyszerű feleletválasztásos kérdésekkel feltártuk 25 tévhit gyakoriságát és fizikus szemmel megvizsgáltuk – az esetleges közös eredetüket keresve – hátterüket.

Cikkünkben – *Korom Erzsébet* meghatározását használva – tévhit alatt a következőt értjük [1]: „A tévképzetek (*misconceptions*) a gyerekek vagy akár felnőttek tudásába tartósan beépülő hibás elképzelések, a jelenleg elfogadott tudományos nézetekkel össze nem egyeztethető fogalmak, fogalomrendszerek, a környezet egyes jelenségeiről alkotott modellek, amelyek mélyen gyökereznek, és a tanításnak is ellenállnak.” Hogy az általunk vizsgált 25 fizikai tévképzet/tévedés közül melyek nevezhetők e definíció alapján tévhitnek, arra pedagógiai megközelítésben is – gya-

koriságukat és tartósságukat vizsgálva – választ kerestünk. A vizsgált tesztkérdésekre adott helytelen válaszok életkor, régió és matematikaosztályzatok szerinti eloszlását és változásait sajátosságait egy másik cikkben elemeztük [4]. Jelen írásunkban a fizika tudománya szempontjából vizsgáljuk őket. E megközelítésből mindegyiket tévhitnek tartjuk, mert alapvetően eltérnek a jelenleg elfogadott tudományos magyarázattól.

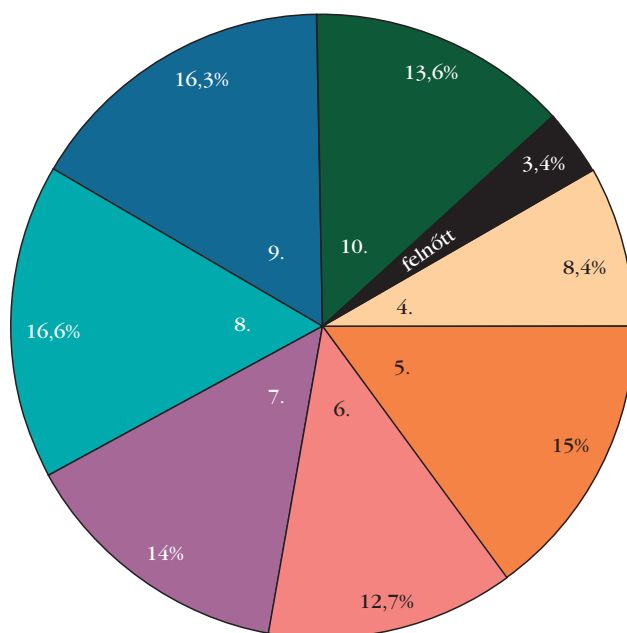
A megkérdezettek köre

2167 személytől gyűjtöttünk válaszokat és elemeztük azokat: 2093 4–10. osztályos tanulótól és 74 felnőttől (pedagógustól vagy érettségi utáni szakképzésben résztvevőtől). A tanulók közül 234 határon túli (Erdély, Vajdaság, Felvidék) magyar diák volt, a többiek pedig itthoniak. A megkérdezettek koreloszlását az 1. ábra mutatja.

Adatfelvétel

2017 szeptemberében és novemberében Google Drive űrlapon helyeztük el a 25 kérdést. Ezekből 16-ot *Radnóti Katalin* és *Nabalka István* (2002) könyve [2], valamint *Csapó Benő* és munkatársai [3] tanulmá-

1. ábra. A 2167 válaszadó százalékos koreloszlása, ahol a kördiagram közepéhez közeli számok a diákok osztályának sorszámai.



Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna mesterpedagógus, a Kiskunhalasi Fazekas Mihály Általános Iskola matematika-fizika szakos tanára és igazgatója. A hatásos tanulási-tanítási eljárások alkalmazása mellett azok fejlesztésével és kutatásával is foglalkozik. A tudástérképek tanulás- és gondolkodásfejlesztő módszeréről könyvet és folyóiratcikket írt. Tapasztalatait pedagógus szakvizsgát adó képzésben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatójaként is továbbadja.



Horváth Gábor fizikus, az MTA doktora, egyetemi tanár, az ELTE Biológiai Fizika Tanszék Környezetoptika Laboratóriumának vezetője. A vizuális környezet optikai sajátosságait és az állatok látását tanulmányozza, továbbá biomechanikai kutatásokat folytat. Számos szakmai díj és kitüntetés tulajdonosa. Évtizedek óta aktív tudományos ismeretterjesztői munkát is folytat előadások és cikkek formájában.

nya alapján fogalmaztunk meg, 3-at a mértékegységekkel kapcsolatos tudás feltárására, 5 kérdés pedig a fizika tantervi követelményekhez kevésbé, a hétköznapi fizikai jelenségek értelmezéséhez viszont jobban kapcsolódott. A tesztválaszok összegyűjtésében fizikaszakos pedagógusok és intézményvezetők segítettek. A tesztkitöltés ellenőrzött körülmények között történt.

Tesztkérdések és válaszaik elemzése

Vizsgálatunkban 25 tévhit, vagy más jellemző hiba előfordulásának gyakoriságát számszerűsítettük. Alább felsoroljuk e kérdéseket és a rájuk adható válaszokat, az utóbbiak végén zárójelben megadva, hogy a megkérdezett 2167 személy hány százaléka választotta őket. A válaszok előtti – jel a helytelenségre utal, a + jel pedig a helyességet jelzi. Minden tesztkérdést fizikai elemzés követ.

1. A testek ..., ha erő hat rájuk.

- csak akkor mozognak (35,9%)
- + mozgásállapota csak akkor változik (29,1%)
- mindkét állítás igaz (35,1%)

A megkérdezettek több, mint kétharmada (70,9%) nem ismerte (mert közel a fele még nem tanulta), vagy nem tudta alkalmazni *Newton* I. törvényét. Ők még mindig *Arisztotelész* logikáját vallják, ami szerint a mozgás fenntartásához erő kell. Nem a newtoni mechanika szerinti „mozgásállapota csak akkor változik” kiegészítést tették, hanem azt, hogy „csak akkor mozognak”. Pedig az erő fogalmát a mozgásállapot megváltoztatását okozó hatásból alakítjuk ki, sőt, *Newton* tehetetlenségről szóló törvénye már az általános iskolában is tananyag. A diákoknak nincs tapasztalatuk arról, mi történik, ha a testekre nem hat erő. Egy test hatásmentes állapotban mozogni csak a világűrben tudnának megfigyelni, de ekkor meg felvetődne a viszonyítási rendszer problémája: mihez képest mozog a test?

2. Az egyforma méretű és alakú testek ... esnek le.

- ++ azonos sebességgel (30,5%)
- + közül a nehezebbek gyorsabban (55,8%)
- közül a könnyebbek gyorsabban (13,7%)

A méret, szokás szerint, itt is a lineáris kiterjedésre (például gömb esetén a sugárra) utal, miáltal két egyforma alakú és térfogatú testről (például gömbről) van szó, amelyek sűrűségei egyformák vagy különbözők, de az utóbbiról nincsen információ a kérdésben, mint ahogyan arról sem, hogy levegőben vagy légüres térben történik-e az esés. Ezen információhiány tette lehetővé a diákok fizikai gondolkodóképességének tesztelését: (i) Ha ugyanis levegőbeli esésről van szó (elsőre nyilván mindenki erre gondolhatott, hiszen természetes vákuum csak a Föld légkörén túli űrben lehet), akkor a mindkét test esetén azonos légellenállási és felhajtó erő miatt csak akkor eshetnek azonos sebességgel (+1. válasz), ha

azonos a sűrűségük, vagyis a tömegük/súlyuk, (ii) máskülönben levegőben a nehezebb esik gyorsabban (+2. válasz), mert a lefelé ható súly és a fölfelé ható légellenállási és felhajtó erő lefelé ható különbsége nagyobb, mint a könnyebb testnél. (iii) Ha viszont légüres térben történik az esés, akkor a sűrűsügtől (és méretüktől meg alakjuktól) függetlenül mindkét test azonos sebességgel esik (+1. válasz). Tehát, a testek ismeretlen sűrűségétől és a környező közegtől is függ a helyes válasz!

Habár az 1. válasz helyesnek tekinthetőségére két érv (i, iii) is kínálkozott (ezt jelzi a ++), mégis csak a megkérdezettek kevesebb, mint harmada (30,5%) voksolt mellette. A válaszadók nem sokkal több, mint fele (55,8%) a 2. válaszra tippelt, ami mellett csak egy érv szólt (ezt jelzi a +). Őket például a fákról lehulló levelek lassú esésének tapasztalata zavarhatta meg, s nem vették figyelembe, hogy a levelek az alakjuknak köszönhető nagyobb közegellenállási erő miatt esnek lassabban, mint például egy kavics. Hogy a megkérdezettek 13,7%-a miért hitte, hogy a könnyebb testek esnek gyorsabban, azt még csak nem is sejtjük. Bizonyosodott tehát annak fontossága, hogy középiskolában érdemes visszatérni e fizikai kérdéskörre is.

3. Összeöntünk 20 °C-os és 50 °C-os vizet. A hőmérsékletük ...

- 70 °C lesz. (23,5%)
- + 20 és 50 °C közt lesz. (58%)
- 35 °C lesz. (18,5%)

A megkérdezettek valamivel kevesebb, mint fele (42%) abban a tévhitben szenvedett, hogy a különböző hőmérsékletű, összeöntött vizek hőmérsékletértéke összeadódik (23,5%) – mint például a hőenergiajuk –, vagy beáll a számtani közepük (18,5%), függetlenül a tömegüktől. 58%-uk viszont helyesen vélte, hogy a közös hőmérsékletük az eredeti kettő között lesz (a tömegarányuktól függően).

4. A fénymeg van sebessége?

- + igaz (75,8%)
- nincs, végtelen gyorsan terjed (14,7%)
- nincs, mert nem anyag (9,5%)

A megkérdezettek közel negyede (24,2%) az egyik rossz választ választotta. A 4–6. osztályosok még nem tanultak fizikát, *Ole Christensen Rømer*ről pedig még a 7–8. osztályosok sem tanulnak. Ezért nem meglepő, hogy sokan nem tudták, hogy *Rømer* (1644–1710) dán csillagász 1676-ban elsőként mérte meg a fénysebességet az *Io* Jupiter-hold periódusidejének változása alapján, és *Armand Hippolyte Louis Fizeau* (1819–1896) 1849-ben mérte a fénysebességet híres tükrös-fogaskerekes kísérletében, továbbá, a fény egy részecske-hullám kettős természettel bíró anyag. A 4–8. diákok *Albert Einstein* fotonjáról sem tudhatnak még, s arról sem, hogy a foton kölcsönhatva az atomokkal, molekulákkal, fotoelektronokat kelthet, amely fényelektromos jelenség magyarázatáért Einsteint (1879–1955) fizikai Nobel-díjjal jutalmazták 1921-ben, s mindez a manapság oly elterjedt napelemcellák mű-

ködésének alapját képezi. E kérdésünkkel is a gyermeki naiv elméleteket próbáltuk pedagógiai céllal feltárni.

5. Hogyan képzeled el a testek anyagának szerkezetét?

- folytonos (21,8%)
- + részecskékből áll (78,2%)

Majdnem minden ötödik (21,8%) megkérdezett nem hallott *Demokritosz* (i.e. 470–370 körül) ókori görög filozófus részecskékre épülő anyagfelfogásáról, sem *John Dalton* (1766–1844) modern atomelméletéről, vagy az elektron, proton és neutron – *Joseph John Thomson* (1856–1940), *Ernest Rutherford* (1871–1937) és *James Chadwick* (1891–1974) általi – felfedezéséről. Ezért, amikor majd mindezt tanítjuk, tudnunk kell, hogy e felfedezések ismerete nélkül a diákoknak milyen képzetük van az anyagról.

6. Az energia ...

- keletkezik és felhasználódik. (64,6%)
- + csak átalakul. (35,4%)

A megkérdezettek majdnem kétharmada (64,6%) sajnos nem volt tisztában az energiamegmaradás törvényével. Ők azon naiv hétköznapi tapasztalatuktól vezérelve élhetik mindennapjaikat, hogy a (például hő-, elektromos, atom-) energia valahol keletkezik, onnan fölvehető (megvásárolható), majd különböző célokra (például fűtésre, világításra, közlekedésre) felhasználható. Ezek szerint fogalmi váltást kell elérnünk: a hétköznapi energiafogalom helyére, annak átértelmezésével kell kialakítanunk a fizika által ez alatt a szó alatt értett energiafogalmat. Ez más (talán nehezebb) feladat, mintha semmit se tudna róla a diák.

7. Az oltóanyag a fecskendőbe ... miatt jut be.

- + külső légnyomás (45,4%)
- vákuum szívóhatása (54,6%)

A megkérdezettek valamivel több, mint fele (54,6%) a légnyomás mibenlétének *Evangelista Torricelli* (1608–1647) és kortársai által történt tisztázása előtti világképben élhet még manapság is, amely szerint a vákuum egy saját szívóhatással bíró entitás. Pedig fizikaórán nyilván nekik is tanították a Torricelli-kísérleteket és/vagy a magdeburgi féltekéket, amelyeket több lóval sem lehetett egymástól szétválasztani.

8. A lufi azért emelkedik fel, mert ... a levegőnél.

- könnyebb (38,9%)
- + kisebb sűrűségű (61,1%)

A megkérdezettek valamivel több, mint harmada (38,9%) nem volt tisztában a súly és a tömegsűrűség közti különbséggel. Nekik akkor lett volna igazuk, ha a kérdés azonos térfogatú léggömbgázra és levegőre vonatkozott volna. Persze a kérdésben implicit módon benne rejtett az, hogy a léggömbbéli gáz sűrűsége a külső levegőnél egy kritikus értéket meghaladóan kisebb, különben nem emelkedhetne föl a levegőben.

9. Minek van nagyobb belső energiája?

- + 1 kg 0 °C-os víznek vagy (37,9%)
- 1 kg 0 °C-os jégnek (62,1%)

A megkérdezettek kicsivel több, mint kétharmada (62,1%) nem volt tisztában azzal, hogy mivel a 0 °C-os jég fölveszi az olvadáshőt és ugyanolyan (0 °C) hőmérsékletű vízzé olvad, ezért a víz belső energiája nagyobb a jégénél. Az olvadáshő ahhoz kell, hogy a jég kristályrácsát a H₂O-molekulák hőmozgása szétrombolja és a szilárd jég folyékony vízzé olvadjon ugyanazon a hőmérsékleten.

10. Mit mérünk a mérleggel?

- + tömeget (49,2%)
- súlyt (50,8%)

A megkérdezettek közel fele összekeverte a tömeg és a súly fogalmát, annak ellenére, hogy fizika órán nyilván tanították, hogy az utóbbi az előbbi *g*-szerese, ahol hazánkban $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$. Pedig a mai digitális mérlegek is grammban jelzik ki a rájuk helyezett tárgyak hatását (tömegét). Radnóti és Nahalka [2] szerint: „nem állíthatjuk, hogy egyértelmű lenne, a gyerekek súlyos vagy anyagmenyiséghez kötött, esetleg már a tehetetlenség tulajdonságát is valamilyen szinten hordozó tömegfogalommal rendelkeznek”. De milyen tömegfogalmat alakíthatunk ki 7. és 8. osztályos gyerekekben? Radnóti és Nahalka [2] négy oldalon keresztül vezetik el az olvasót a gyermekek naiv tömegfogalmáig. A súlyerő fogalmának kialakítása könnyebb feladatnak bizonyul, mert a többi (leggyakrabban a súrlódási és rugó-) erőhöz hasonlóan mérjük. Így könnyebben tudatosul a tanulóban, hogy a tömeg és a súly két, eltérő fogalom. Mivel rugós erőmérőt használunk súlymérésre, ezért az eszköz elnevezése is segíti a súlynak erőként értelmezését. Általános iskolában gyakran 100 g tömegű anyag súlyával szemléltetjük az 1 newton. A fizikát tanító tanárok sem egysegűek a „mérleggel mit mérünk” kérdésben. A Sulinet digitális tudásbázisban ezt találják a diákok: „Ha a mérleg egyik tálcájába elhelyezzük az ismeretlen tömegű mérendő testet, akkor az a súlyával erőt fejt ki a tálcára, illetve a tálcán keresztül a fémrúdra, ami a tengely körül elfordul. Ennek ellensúlyozására a másik tálcára is pontosan akkora ismert tömegű testet kell elhelyezni, hogy az általa kifejtett erőhatás a fémrudat vízszintes helyzetben tartsa. Láthatjuk tehát, hogy a mérleg valójában a testek súlyát hasonlítja össze. Mivel azonban nyugalomban az azonos tömegű testek súlya azonos, a kiegyensúlyozó test ismert tömege azonos a mérendő test ismeretlen tömegével. Ezt a tömegmérési módot sztatikai *tömegmérésnek* nevezzük.” A fizikatanároknak így érdemes a mérleggel való tömegmérésben megegyezniük.

11. El bírnál vinni egy bőröndöt, ha arannyal lenne teli?

- igen (29,7%)
- + nem (70,3%)

E kérdéssel is a sűrűség, tömeg és súly fogalmakban való eligazodást, a becslés és következtetés ké-

pességét mértük. Mivel 1 dm^3 arany 19,3 kg, ezért még a kézipoggyászként feladható kis bőrönd is 1,5 mázsánál nehezebb lenne. A magukat elég erősnek tartó fiúk „igen” válaszát sem fogadtuk el jónak, hiszen nem egyszerűen megemelni, hanem vinni kelle-e meglehetősen súlyos arany mennyiséget.

12. *A gázoknak nincs súlyuk, így a levegőnek se.*

- igaz (44,7%)
- + hamis (55,3%)

Abból a mindennapos tapasztalatból, hogy a levegő nyomását (ránk nehezedő súlyát) nem érezzük és a hétköznapi gázok általában fölfelé szállnak, a megkérdezettek majdnem fele (44,7%) azt hitte, hogy a gázok a levegővel együtt súlytalanok. Ők még nem tanulhatták (7. osztály alatti évfolyamok) vagy elfelejtették Torricelli víz- és higanyoszlopos, légszivattyús kísérleteit. Az e kérdésre adott válaszokban az lesz az izgalmas, amikor majd az évfolyamonkénti különbségeket vizsgáljuk, a fogalom változásának ütemét. Ilyen pedagógiai elemzéseket egy másik cikkben végeztünk [4].

13. *Abol nincs levegő, ott súlytalanság lép fel.*

- igaz (60,5%)
- + hamis (39,5%)

A súlytalanság fogalmával zömében a földi légkörön túli űrben játszódó tudományos-fantasztikus filmekben vagy a tudományos ismeretterjesztő tv-csatornákon találkozhatunk. Ezért gondolhatta a megkérdezettek 60,5%-a, hogy a súlytalanság előfeltétele a légnélküliség. Ők nem hallhattak arról, hogy a földi légszivattyúk vákuumhoz közeli terében soha sincsen súlytalansághoz közeli állapot. Arról sem értesülhettek, hogy például a 146 m magas brémai ejtőtorony (*Fallturm*) légritka függőleges csatornájában majdnem szabadon eső kísérleti kapszulában közel 9 másodpercig vagy a parabolikus pályán szinte szabadon zuhanó repülőgépekben néhány percig is súlytalansághoz közeli állapot uralkodik, amit tudományos kísérletekben, fantasztikus filmek jeleneteinek forgatásakor vagy pilóták/űrhajósok kiképzésében használnak.

14. *A földet a káros kozmikus sugaraktól az ózonréteg védi meg.*

- igaz (86,1%)
- + hamis (13,9%)

A megkérdezettek túlnyomó többsége (86,1%) ösztetevésztette a korpuszkuális kozmikus sugárzást a Nap ultraibolya sugárzásával, aminek kisebb hullámhosszúságú összetevőjét (UV-C-t és UV-B zömét) a földi légkör ózonrétege elnyeli, miáltal védi a Föld felszínén elő, erre érzékeny szervezeteket. Pedig fizika- és földrajzórán hallhattak az elektromos töltéssel bíró és az elektromosan semleges, kozmikus eredetű részecskékről, valamint a hasonló összetételű napszélről, kémiaórán pedig az ózon fotonelnyelés hatására bekövetkező bomlásáról is. Ugyancsak fizika- és/vagy földrajzórán találkozhattak a földi

mágneses térrel és annak a töltött részecskéket eltérítő, sarkok felé terelő hatásáról, amit a Lorentz-erő okoz. Ugyanezen órák valamelyikén netán a Föld van Allen-féle sugárzási öveiről is értesülhettek már, amelyek a sarkkörök fölött közel 1000 km magasságban bekövetkező mágneses tükrözés miatt csapdába ejtik a kozmikus sugárzás töltött részecskéit. Végül, az északi és déli sarki fényről (*Aurora borealis*, *A. australis*) is hallhattak már, ami ugyancsak szoros kapcsolatban áll a kozmikus sugárzástól védő földi magnetoszféra szerkezetével. Mindezzel a megkérdezettek sajnos csak 13,9%-a lehetett többé-kevésbé tisztában.

15. *Ha 5 °C-os kinti hőmérsékletben kinyitjuk a 20 °C-ra fűtött épület ajtaját, akkor 25 °C-ra is változhat bent a levegő.*

- igaz (20%)
- + hamis (80%)

Minden 5. megkérdezett (20%) abban a tévhitben szenvedett, hogy a léghőmérséklet egy additív mennyiség, s így az épületbe áramló kinti levegő hőmérséklete hozzáadódhat a bentiehez. Arra nem gondoltak, hogy ha ez így lenne, akkor egyszerű szellőztetéssel is fűteni lehetne a lakásokat. Sőt, a kinti levegő beltérbe való szivattyúzásával korlátlan hőforráshoz juthatna az emberiség, ami megoldhatná a Föld égető energiagondjainak zömét.

16. *Az elektromos áram egy anyag, ami a vezetékekben folyik.*

- igaz (35,5%)
- + hamis (64,5%)

A megkérdezettek közel harmada (35,5%) még az elektromosság elektronokban és/vagy ionokban testet öltő korpuszkuális mibenlétének fölfedezése előtti kor (Joseph John Thomson, 1906: fizikai Nobel-díj részben az elektron felfedezéséért) azon hitében volt, hogy az elektromos áram valamilyen folytonos folyadék-szerű anyag, pedig úgy a fizika-, mint a kémiaórán sűrűn találkozik a diák az elektronokkal és különféle ionokkal. E fölfogás hasonlít *Joseph Black* (1728–1799) hőanyagához (calorikum), aminek létét 1798-ban *Benjamin Thompson*, alias gróf Rumford (1753–1814) cáfolt híres ágyúcsőfűrási kísérletével.

17. *A Nap a Föld körül kering.*

- igaz (24,2%)
- + hamis (75,8%)

Az e tesztkérdésre adott 24,2%-os, meglepő „igaz” válasz inspirálta cikkünk alcímét: Mégsem mozog a Föld? Nagyon elkeserítőnek tartjuk, hogy *Kopernikus*, *Galilei* és *Kepler* tanainak már általános iskolai tanítása ellenére is a megkérdezettek majdnem negyede még mindig azt hiszi, hogy a Föld körül kering a Nap (és nem fordítva). Még sajnálatosabb, hogy ez a hibaarány még a felnőttek körében is magas, 18,9% volt! Ezek szerint hiába hallanak a diákok ennek ellenkezőjéről a fizika- és földrajzórán, vagy néznek (?) csillagászati ismeretterjesztő filme-

ket a tudományos televízió-csatornákon, vagy láthatnak tudományos-fantasztikus szórakoztató mozifilmeket, az ott hallottak és látottak nem hatnak rájuk, nem rögzülnek memóriájukban, és a napkorong mindennap tapasztalható égi körívpályájának naiv, arisztotelészi értelmezése kerekedik felül kozmikus világnézetükben. E durva hiba okaként meggyőződésünk szerint bizonyosan nem a tankönyvek vagy a tanárok kárhoztathatók, sokkal inkább a szóban forgó diákok tájékozatlansága, érdektelensége. Szegény Galileo Galilei [5] és *Jókai Mór* [6] forogna sírjában, ha megtudná, hogy jónéhány diák szerint mégsem mozog a Föld...

18. A kő azért süllyed el a tóban, mert nehezebb a tó vizénél.

- igaz (65,3%)
- + hamis (34,7%)

A megkérdezettek majdnem kétharmada (65,3%) összekeverte a tömegsűrűség fogalmát a tömegével/súlyával. Radnóti és Nahalka [2] említi Arisztotelész tanítását a könnyű és nehéz dolgok felfelé és lefelé „törekvéséről”, amihez hasonlót a gyerekek is konstruálnak. A 18. állítás csak azon feltétellel lenne igaznak tartható, ha közel azonos térfogatú kőről és vízről lenne szó, amikor is az előbbi nehezebb, ezért az süllyed el. De a feltett kérdésből e feltétel egyáltalán nem következik. A kérdés egy átlagos kő (amit kézzel fölemelve bedobhatunk a tóba) és egy normál tó (ami minimum több m^3 térfogatú) összes vízmennyiségének súlyára utal, amelyek közül az utóbbi a nagyobb. E gondolatmenet már szerepelt a 8. léggömbös kérdésnél. Pedagógiai szempontból fontos, hogy ha a diák a kérdésben látja a sűrűség szót, akkor kevesebbet hibázik. Tehát a felismerés szintjén bírja a fogalmat, csak felidézni nem tudja a gyakorlati alkalmazásokhoz.

19. Melyik a nagyobb mértékegység?

- kg/m^3 (55,7%)
- + g/cm^3 (19,3%)
- azonosak (24,9%)

Ezek szerint a megkérdezettek zöme (80,6%) problémával küzdött a mértékegységek átváltásakor, és kicsivel több, mint a fele (55,7%) azt gondolta, hogy a kg/m^3 nagyobb, mint a g/cm^3 , valószínűleg azért, mert a kg ezerszer nagyobb a grammnál.

20. Melyik test gyorsabb?

- az 1 km/h vagy (37,2%)
- + az 1 m/s sebességű (46,6%)
- azonosak (16,2%)

Kicsivel több, mint a megkérdezettek felének (53,4%) gondoljai voltak e mértékegységek egymásba történő átváltásával is, és nem sokkal több, mint harmaduk (37,2%) azt hitte, hogy a km/h-ban megadott sebesség nagyobb, mint a m/s-ban megadott, vélhetően azért, mert a km ezerszer hosszabb a m-nél. E mértékegységek ismertebbek, mint a sűrűségé, ezért kisebb e kérdés hibaráta, mint a 19. kérdésé.

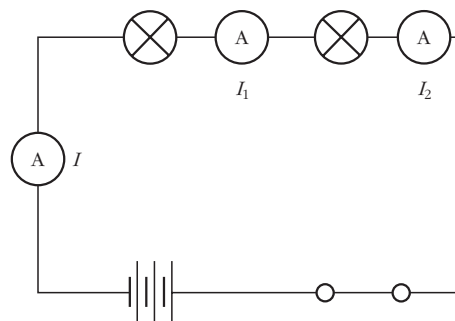
21. Lehet-e kölcsönhatás az elektromos töltéssel rendelkező és a semleges testek között?

- + igen, vonzás (35,5%)
- nem (42,8%)
- igen, taszítás (21,7%)

Az iskolában az elektromos megosztás (polarizáció) miatti vonzást tanulják a diákok, amit egyszerű kísérlettel szokás szemléltetni: például egy szigetelő ronggyal megdörzsölt műanyagvonalzó töltést kap, ami vonzza például egy elektromosan szigetelő, töltés nélküli (semleges) papírfecnit vagy egy elektromosan vezető, semleges alufólia-darabkát. E kérdés erre vonatkozott. Aki a testek közti vonzó gravitációra gondolt, annak is az 1. válaszra kellett tippelnie, helyesen. A tájékozottabbak gondolhattak volna az atommagokbeli elektromos töltésű protonok és elektromosan semleges neutronok között ható erős kölcsönhatás vonzására is. Nekik is az 1. választ kellett volna választaniuk. De a kérdés nem elemi részecskékre, hanem makroszkopikus testekre utalt. Ugyanezért nem gondoltuk, hogy a diákokat megzavarhatná az iskolában nem is tanított gyenge kölcsönhatás, amiben elektromos töltésű elektronok, valamint W^+ és W^- bozonok, továbbá elektromosan semleges neutrínók és Z-bozonok vesznek részt, amelyek között szintén felléphetnek vonzó és taszító erők is.

22. Sorba kapcsoltunk két fogyasztót. Több ponton mértük az áramerősséget. Mi a véleményed, mennyit mutattak egymáshoz képest?

- az I_1 a legnagyobb (24,5%)
- + mindhárom érték ugyanakkora (38,7%)
- az I_1 a legnagyobb (36,8%)



2. ábra. A 22. kérdéshez tartozó kapcsolás.

A megkérdezetteknek csak valamivel több, mint harmada (38,7%) tudta, hogy soros kapcsolású elektromos áramkör minden pontjában azonos az áramerősség. Közel negyede (24,5%) azt hihette, hogy a fogyasztókon (lámpákon) áthaladó – pontosabban, azokból kilépő – áramerősségek valamiképpen összegződnek (mint például párhuzamos kapcsoláskor a feszültségek), 36,8%-uk pedig számunkra ismeretlen okból vélte a két fogyasztó közti szakaszban folyó áramot maximálisnak.

23. Milyen irányban örvénylik a lefolyóban a víz?

- Az északi féltekén az óramutató járásával megegyező irányban. (27,1%)

- Az északi és déli féltekén ellentétes irányban a Coriolis-erő miatt. (36,7%)
- + A lefolyó vízének forgásirányát más hatások, véletlenszerűen alakítják. (36,2%)

Habár a forgó rendszerekben fellépő Coriolis-féle tehetetlenségi erő nem iskolai fizikatananyag, földrajzórán hallanak róla a diákok, mikor például a ciklonok/anticiklonok északi és déli féltekei ellentétes forgásirányáról tanulnak. A diákok gyakran hallhatnak róla a tudományos ismeretterjesztő tv-csatornákon és néha a szórakoztató mozifilmekben is. Utóbbira egy példa a *Szupercella* című amerikai akciófilm (2013, angolul: *Escape plan*, rendező: Mikael Häfström, főszereplők: Arnold Schwarzenegger, Sylvester Stallone), amiben egy börtönhajó földrajzi szélességét a Sarkcsillag horizont fölötti szögmagassága és a mosdókagylóban lefolyó víz örvényiránya alapján határozzák meg. E filmben a diákok azon közkeletű tévhittel szembesülnek, miszerint a mosdókagylóból lefolyó víz örvényiránya attól függ, hogy az északi vagy déli féltekén vagyunk-e. Korábban mi is vizsgáltuk e tévhitet a mostaninál sokkal kisebb, csak 9 fős diákcsapaton [7]. Jelenlegi, 2167 fős felmérésünkben azt kaptuk, hogy a megkérdezetteknek csak közel harmada (36,2%) találta el a helyes választ. Ezen alacsony találati arányért szerintünk zömében a szórakoztató médiumok felelősek, amelyekben a mozifilmeknél a világhálón elérhető, turisztikai attrakciókról szóló bemutatók is láthatók. Ezek közé tartozik például az ecuadori Egyenlítő mentén turistáknak tartott, szélhámosnak nevezhető „demonstrációs kísérlet” (<https://www.youtube.com/watch?v=MyZ-WNwjZV0>), amelyben az Egyenlítőtől 3 méterre északra lévő helyről átmenve az Egyenlítőtől 3 méterre elhelyezkedő délre, megfordul a mosdókagylóban lefolyó vízörvény forgásiránya. Számításokkal kiderül, hogy például egy vízmolekula az Egyenlítőtől észak/délre 3 méterre lévő, 20 cm sugarú mosdókagylóban 1 m/s sebességű lefolyásakor jobbra/balra a molekulából O- és H-atomok távolságának csak 1,4%-ával tér el a Coriolis-erő hatására, ami elhanyagolhatóan parányi a vízörvény forgásirányát meghatározó más, sokkal nagyobb erőhatásokhoz képest [7]. A Coriolis-erő hatása a Földön csak olyan nagy rendszerekben érzékelhető, mint például a hosszútávú szelek (például ciklonok, anticiklonok, passzát-szelek) és tengeráramlások [8, 9].

24. Miért nem célszerű déli napsütésben a növényeket locsolni?

- + Mert a nagy melegben gyorsan elpárolog a kilocsolt víz, ami csökkenti a víz hasznosulását. (39,5%)
- Mert a növényeken megtapadó vízcseppek nagytölcseként összegyűjtik a napfényt, ami kiegészíti a leveleket. (46%)
- A hideg víz fagyáshoz hasonló sérüléseket okoz a melegben fölhevült növényeken. (14,5%)

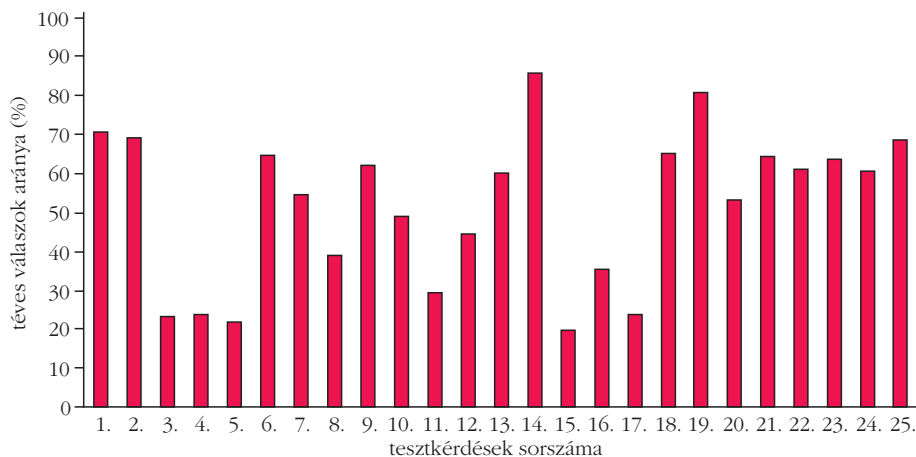
A helyes választ a megkérdezetteknek csak valamivel több, mint harmada (39,5%) találta el, 46%-uk egy

elterjedt tévhit alapján döntött, a többiek pedig egy meglehetősen fizikaiatlan magyarázat mellett voksoltak. A szóban forgó biooptikai tévhit olyannyira beivódott a köztudatba, hogy még a fizikaoktatási kánon részét is képezi, amennyiben a 2006. május 15-i gimnáziumi fizika érettségi feladatsor egyik feladata volt, továbbá az *Egységes érettségi fizika feladatgyűjtemény* 2152. feladata is ugyanígy szól [10]. Ezzel szoros kapcsolatban áll két másik közkeletű tévhit is, amelyek szerint (i) a vízcseppekkel borított emberi bőr napozáskor égési sérüléseket szenvedhet, és (ii) az erdőtüzeket vízcseppek is kelthetik azáltal, hogy az elszáradt leveleken maradt esőcseppek napfényfókuszálással meggyújtják azokat. Számítógépes modellezéssel megmutatható, hogy a vízszintes leveleken megülő gömbölyded vízcseppek csak alacsony (13°–23°) napmagasságok mellett képesek az alattuk lévő sima levélfelszínre fókuszálni a napfényt, különben a levél alá vagy fölé esik a fókusz [11]. Besugárzási kísérletekkel viszont kiderült, hogy még ekkor sem keletkezik napégés a leveleken, mert ilyen alacsony napállások mellett ehhez már túl gyenge a napfény [12]. E jelenségkör azonban Janus-arcú, mert ugyancsak kísérletek tisztázták, hogy a megfelelően hosszú víztaszító szőrökkel borított vízszintes leveleken ülő vízcseppek magas napállás esetén képesek égési sérülést okozni a leveleken, ha pont olyan magasságban tartják a cseppeket a szőrök, hogy fókuszuk a levélfelszínre esik [12]. De az ilyen szőrös levelek csak ritkák, így ezen elterjedt vélekedés végül mégis tévhitnek bizonyult. Még várat magára, hogy e tévhitet a kánonból kizorítsa a helyes magyarázat. Ebben segítenek a fizika- [13] és biológiatanároknak [14] e témában írt közérthető tanulmányok is.

25. Miért csúszik jól a korcsolya a jégen?

- Mert olyan keskeny a korcsolya éle, hogy alig hat rá a jég súrlódása. (48,2%)
- A vékony korcsolyaél alatt létrejövő nagy nyomás miatt mindig megolvad a jég, s az így keletkező vízfilmen könnyű a csúszás. (20,5%)
- + A korcsolya éle és a jég közti súrlódási hő megolvasztja a jeget, s az így keletkező vízfilmen könnyű a csúszás. (31,3%)

Hétköznapi, sokakat érdeklő és érintő kérdés ez. Az elterjedt magyarázatok megegyeznek abban, hogy a könnyű csúszás oka a korcsolya éle és a jég közti kicsi súrlódás, ami pedig a korcsolyaél és a jég között kialakuló vízfilm kenő hatásának köszönhető (a víz belső súrlódása kicsi). E vízfilmért gyakran okolják a jég fagyás/olvadáspontjának a nyomás növekedésével való csökkenését. Egyszerű számítással ellenőrizhetjük ennek igaztalanságát [15, 16]: Egy átlagember súlya 700 N, egy korcsolya élhossza 30 cm, élének szélessége pedig 1 mm körüli. Ha egy átlagember egy lábon egyensúlyoz a korcsolyán, akkor az annak élén fellépő nyomás 23 bar, ami közel negyede a 100 barnak, amelynél a jég olvadáspont-csökkenése 0,73 °C. Ezért, ha a jég hőmérséklete –0,73 °C, még ekkor is túl kevés az egylábas korcsolya nyomá-



3. ábra. A 25 tesztkérdésre adott hibás válaszok százaléakai. Ha a két kimeneti lehetőségű 2. kérdésnél az 1. választ tekintjük helyesnek, akkor a hibaráta 69,5%.

sa ahhoz, hogy a jég megolvadjon. Ahhoz, hogy a korcsolyaélen támadó 23 bar nyomás megolvaszthassa a jeget, $-0,16$ °C-nál nem hidegebb jégen kellene egy lábom korcsolyázni. Márpedig a természetben vagy a műjégpályákon ennél jóval hidegebb jégen szokás és lehet korcsolyázni. Mindezt tehát tévhitnek számít azt gondolni (a megkérdezettek 20,5%-a vélte így), hogy a korcsolya könnyű csúszását biztosító vízvártaért a nyomás miatti olvadáspont-csökkenés a felelős. E vízfilm keletkezéséért a súrlódási hő miatti jégolvadás a ludas, amit a megkérdezetteink 31,3%-a tudott, vagy legalább vélte. A korcsolya élének eleje mindig olyan, friss jégre fut rá, amelyen még nincs vízvárta, miáltal a korcsolya elején nagy a súrlódási hő, ami folyamatosan olvasztja a jeget. Az él hátsó részén így már hat a vízfilm súrlódási erőt csökkentő kenése. A megkérdezettek majdnem fele (48,2%) viszont abban a fizikailag tévhitben szenvedett, miszerint a korcsolya igen vékony éle miatt alig lép fel súrlódás közte és a jég között. Ennél még a nyomás miatti olvadáspont-csökkenésben hívők is több fizikai ismeretről tettek tanúbizonyságot.

Következtetések

A 14., 23., 24. és 25. kérdésekben foglalt fizikai jelenségek nem tartoznak szorosan az általános és a középiskolai tananyaghoz, mégis véleményt formálnak és mondanak róluk a közbeszédben. E kérdések feltevésével arra is választ kerestünk, hogy a fizika tudományában jelenleg érvényes magyarázatok mennyire közismertek.

A 3. ábra a tesztkérdésekre adott hibás válaszok százalékeit mutatja. A 25 kérdésből 15-ben a megkérdezetteknek több mint fele a fizika tudományával nem összeegyeztethető nézetekkel bírt. Fizikatanárként e tévhitet makacs létezésével tehát számolnunk kell. Nem mindegy, hogy egy teljesen új fogalmat kezdünk kialakítani a tanulóknak, vagy esetleg mélyen gyökerező, már meglévő fogalmat kell átértelmeztetnünk, azaz a fogalmi váltásban segítenünk nekik. Egyszerűbb a feladatunk akkor, ha a tudáshiány

okozza a tévhitet, helytelen válaszokat. Ha például a korpuszkuláris kozmikus sugárzással megismerkedik a diák, akkor már nem fogja azonosítani azt az elektromágneses UV-sugárzással.

A kérdésekre adott válaszok értelmezésekor kerülni érdemes azon kérdést, hogy mit tudnak a megkérdezettek. Inkább azt célszerű firtatni, hogy mit hisznek, vallanak, választanak a felkínált válaszok közül. Habár a válaszok megoszlása szerint a megkérdezettek nem véletlenszerűen

választottak (a szórások nagyok voltak: kettős és hármas választásoknál 13–86%, illetve 9–76% volt a hibaráta értéke), e válaszok nem feltétlenül a tudásukat tükrözik. Például a Coriolis-erővel, a vízcseppek általi napéggéssel, vagy a korcsolya alatt keletkező hővel kapcsolatos számítások eredményeit a diákok nem tudják, nem tudhatják, hiszen felsőfokú fizikai tanulmányokat nem végeztek. Mégis határozottan megjelennek a válaszok között a közkeletű tévhitet, így nem a véletlen műve a helyes válaszokhoz képesti szignifikánsan nagyobb arányuk. Miben hisznek a 10–15 éves tanulók, sőt, a felnőttek is? Többnyire abban, ami tudományosnak tűnik. Az áltudományok éppen erre építenek.

Komoly kihívásnak számít, hogy évszázadokon át kitartó téves, vagy az uralkodó paradigmáknak ellentmondó, közismert magyarázatok elfogadása helyett diákjaink a fizikaórákon tanultakat alkalmazzák a jelenségek magyarázatához. Ehhez segít, ha feltárjuk tanulóink előzetes tudását és vélekedéseit. Azt reméljük, hogy cikkünkkel ebben segítünk a fizikatanároknak. Legalább azzal, hogy néhány tesztkérdéshez releváns tudománytörténeti kiegészítéseket vagy napjainkban elvégzett mérések eredményeit bemutató tanulmányokat kapcsolunk hozzá, amelyek cáfolnak néhány, a természettudomány szempontjából helytelen vélekedést, tévhitet.

Irodalom

1. Korom Erzsébet: Az iskolai tudás és a hétköznapi tapasztalat ellentmondásai. In: Csapó Benő (szerk): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest (1998)
2. Radnóti Katalin, Nahalka István: *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2002)
3. Csapó Benő, Korom Erzsébet, Molnár Gyöngyvér: *A természettudományi tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest (2015)
4. Nagy-Czirok Lászlóné: Tévképzetek és fogalmi váltások. – Hogyan változik a tanulók természettudományos világlképe? *Új Pedagógiai Szemle* 2018/3–4 47–72.
4. Arthur Koestler: *Alvajárók*. Európa Könyvkiadó, Budapest (2007) – eredeti címe: *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*. Hutchinson & Co. Publishers Ltd., London (1959)
5. Jókai Mór: *És mégis mozog a Föld*. Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest (1984) – eredeti címe: *Eppur si muove*. Pest (1872)

6. Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna, Horváth Gábor: Coriolis a lefolyóban? Egy elterjedt tévhit iskolai vizsgálata probléma-, élmény- és kutatásalapú módszerrel. *Iskolakultúra* 26/5 (2016) 111–122.
7. Berkes István: *A mindennapok fizikája. Miért unjuk a fizikát?* 9. fejezet: Toinette jól befürdött. 46–47. o. Springer Orvosi Kiadó Kft. (1999) ISBN 963 699 086 7, 284 oldal
8. Tél Tamás: A Coriolis-erő és a modern környezetfizika: a lefolyótól a ciklonokig. *Fizikai Szemle* 56 (2006) 263–267.
9. Medgyes Sándorné: *Egységes érettségi fizika feladatgyűjtemény – Gyakorlófeladatok: Fizika II.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2011)
10. Egri Ádám, Horváth Gábor, Horváth Ákos, Kriska György: Beégethetik-e napsütésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek? Egy tévhitkel terhes biooptikai probléma tisztázása. I. rész: Napfény forgásszimmetrikus vízcseppek általi fókuszálásának számítógépes vizsgálata. *Fizikai Szemle* 60 (2010) 1–10. + címlap
11. Horváth Gábor, Egri Ádám, Horváth Ákos, Kriska György: Beégethetik-e napsütésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek? Egy tévhitkel terhes biooptikai probléma tisztázása. II. rész: Napfényes besugárzási kísérletek sima és szőrös leveleken ülő vízcseppekkel. *Fizikai Szemle* 60 (2010) 41–49. + színes borító 3. oldal
12. Egri Ádám, Horváth Gábor, Radnóti Katalin: Beégetik-e napsütésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek? Egy közismert biooptikai probléma fizikus szemmel. *A Fizika Tanítása* 2013/március, 3–13.
13. Horváth Gábor, Egri Ádám, Radnóti Katalin: Szabad-e déli napsütésben a növények leveleit öntözni? Egy közismert biooptikai probléma biológus szemmel. *A Biológia Tanítása* 2013/március, 3–11.
14. Horváth Gábor: Hull a hó és hózik. *Élet és Tudomány* 40 (1985) 108–110.
15. Horváth Gábor: A holdak kötött keringése, az árapály-effektus és az árapályfűtés. *Fizikai Szemle* 41 (1991) 79–88.