

Csiszár Imre, Korom Erzsébet,
Molnár Milán, Nagy Anett, Papp Katalin,
Sós Katalin, Z. Orosz Gábor*
MTA–SZTE Természettudomány
Tanítása Kutatócsoport



Tanórai keretek között megvalósítható gondolkodásfejlesztő természettudományos foglalkozások az első hat évfolyamon

„Az ember sokféle kulccsal próbálta megnyitni a természetet, de a modern természettudomány az első, amely valóban nyit is. Az egyetlen világmagyarázat, amely nem a mítosz vagy művészi vízió laza összefüggését teremti meg a dolgok közt, hanem az egész természetet egyetlen, minden részletre kiterjedő egységes fogalmi hálóval magyarázza.” (Németh László)

Az MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport 2016-ban alakult a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Programjának keretében. Kutatócsoportunk célja a tanulók gondolkodásának fejlesztése a természettudományos tantárgyak tananyagaihoz kapcsolódó tartalmakon keresztül. Olyan feladatokat, foglalkozásterveket dolgozunk ki, amelyek a tanulók aktív tevékenységére alapozva fejlesztik az általános gondolkodási képességeiket, valamint a természettudományos ismeretszerzést. A kisiskolásoknak szóló anyagainkból négyrészes cikksorozatban mutatunk be példákat. Az első tanulmányban a Természettudomány gyermekeknek munkacsoport tagjai által készített anyagokból olvasható egy rövid összeállítás. A cikksorozat folyta-

tásában ezt követik majd a kutatócsoport Biológia és Kémia munkacsoportjainak példái.

A Természettudomány gyermekeknek munkacsoportban dolgozó kollégák közül többen számos tapasztalatot gyűjtöttek különböző ismeretterjesztő tevékenységek során. Ilyen a 2010 óta szervezett Játsszunk tudományt program (Molnár és Papp, 2014) és a Titkok padlása program, amelyről bővebben az előző két lapszám-ban lehet olvasni (Csiszár, 2019 a, 2019 b). A fenti két sorozat megvalósításával tanórai kereteken kívüli foglalkozások formájában kerestünk lehetőségeket arra, hogy a kisiskoláskorú gyermekeknek természettudományos ismereteket közvetítsünk. Ezek a foglalkozások jelentették számunkra az útkeresés első lépéseit. Kár lenne tagadni, hogy kezdetben az ösztönös tudománynépszerűsítő jelleg volt a domináns, melyben igen nagy lelkesedéssel vettünk részt. Hosszú út vezetett odáig, hogy ezeken a foglalkozásokon ma már sokkal tudatosabban törekszünk a tanulók gondolkodásfejlesztését előtérbe helyező, átgondolt tevékenységre.

Mindezek során szerzett tapasztalatainkra alapozva kapcsolódtunk be a kutatócsoport munkájába, ahol ezen terület fontosságára úgy is szerettük volna fölhívni a figyelmet, hogy külön munkacsoportot hoztunk létre a gyermekkori természettudományos megismerés és az ezen keresztül megvalósítható fejlesztések vizsgálatára. Munkánk során a természettudományos tananyaghoz

* Csiszár Imre matematika-fizika szakos tanár, laboratóriumvezető, SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola, SzeReTeD Labor; Dr. Korom Erzsébet tanszékvezető egyetemi docens, SZTE BTK Neveléstudományi Intézet; Molnár Milán vezető demonstrátor, Mobilis Interaktív Kiállítási Központ Győr; Dr. Nagy Anett matematika-fizika szakos tanár, Radnóti Miklós Gimnázium Szeged; Dr. Papp Katalin c. egyetemi tanár, SZTE BTK Neveléstudományi Intézet; Dr. Sós Katalin főiskolai docens, SZTE JGYPK Alkalmazott Természettudományi Intézet; Z. Orosz Gábor biológia-kémia szakos tanár, PhD hallgató, SZTE BTK Neveléstudományi Intézet

igazodó, a gondolkodási műveletek fejlesztésére irányuló modulokat fejlesztünk és próbálunk ki, illetve ezek hatását vizsgáljuk. Legfontosabb célkitűzésünk az, hogy az 5–12 éves korosztály számára az iskolai tananyagba integrálható formákat keressünk a tanulók fejlesztésére, ezért különböző időtartamokban megvalósítható foglalkozásterveket dolgozunk ki. Vannak 10 és 20 percre tervezett aktivitások, illetve egész tanórát kitöltő vagy azon túlmutató projekt munkára lehetőséget nyújtó foglalkozásterveink, melyek a környezetismeret és a természetismeret tantárgyak tematikájához illeszkednek.

■ Természettudományos nevelés – nemzetközi tantervi kitekintés

Munkánk során megvizsgáltunk néhány külföldi példát, hogy más országokban milyen módon van jelen a gyermekkori természettudományos nevelés. A továbbiakban ezeket a példákat összegezzük röviden.

Az Amerikai Egyesült Államokban a természettudományos nevelés terén a Next Generation Science Standards (NGSS, 2013) az iránymutató, amely az óvodától a 12. évfolyam végéig közös rendezőelv alapján fejt ki a követelményeket. A természettudományok tanítása során arra törekednek, hogy a diákok stabil, alkalmazható tudással rendelkezzenek, és motiváltak legyenek tudásuk későbbi gyarapítása iránt. A tudás három dimenzióját különböztetik meg: 1. szaktudományos alapismeretek (disciplinary core ideas), 2. gyakorlatok (practices), 3. interdiszciplináris tudáselemek (crosscutting concepts). A szaktudományos alapismeretek közé olyan tudáselemek tartoznak, melyek egy adott szakterület megértése szempontjából elengedhetetlenek, több évfolyamon keresztül taníthatók (egyre növekvő mélységben és komplexitásban), és kapcsolódnak a tanulók érdeklődéséhez, előzetes tapasztalataihoz vagy a hétköznapi élethez kötődő természettudományos, technológiai problémákhoz. A gyakorlatok alatt azokat az ismereteket, készségeket és képességeket értik, melyek a természettudományos vizsgálatok és a technológiai fejlesztések során szükségesek. Ide tartozik a problémák azonosítása, kutatási kérdések feltevése; a modellek fejlesztése és használata; a vizsgálatok tervezése és kivitelezése; az adatok elemzése és értelmezése; a matematika és informatika eszköztárainak használata; a magyarázatok és megoldási javaslatok alkotása; a bizonyítékokon alapuló érvelés; illetve az információ kezelése és kommunikálása. Az interdiszciplináris tudáselemek teremtik meg a kapcsolatot az egyes tudományterületek között, elősegítve ezzel a szerzett tudás elmélyítését, illetve szélesebb körű használhatóságát, transzferálhatóságát. A három dimenzió tanítása egyszerre valósul meg. A témakörök feldolgozása során a diákok szaktudományos alapismeretei a gyakorlatok végzésén keresztül szilárdulnak meg. A felmerülő problémák megoldása komplex megközelítésben történik, kiemelve az interdiszciplináris elemeket.

A finn nemzeti tantervben a hangsúly az alapvető ismeretelemek elsajátítására és a tudás alkalmazására he-

lyeződik. Fontos szerepet kap a természet törvényszerűségeinek megértése, az oksági kapcsolatok meglátása, a rendszerszemléletű megközelítés (minden mindennel összefügg, egy jelenség hogyan befolyásolja az egész működését). Az értékelés során nagy hangsúlyt fektetnek arra, hogy milyen mértékben képesek a tanulók természettudományos vizsgálatok elvégzésére, források keresésére és kritikai elemzésére, csapatmunkában való együttműködésre, illetve milyen érdeklődést mutatnak az egyes témakörök iránt.

Az ázsiai országok (Hongkong, Japán, Kína) tanterveiben kiemelt szerepet kap a természettudomány. Hongkongban az órákat a kutatásalapú megközelítés szerint építik fel a tanárok, akiket már az egyetemen ennek megfelelően képeznek. Már a tanárjelöltektől elvárják, hogy képesek legyenek mindennapi eszközökből hands-on kísérleteket összeállítani, illetve, hogy a tanulók igényeihez és érdeklődéséhez igazodva különböző módszerekkel a diákok hétköznapi ismereteit össze tudják kapcsolni a tanított ismeretekkel. (So és Cheng, 2009). A japán természettudományos oktatás meghatározó célja az alsóbb évfolyamokon a diákok kíváncsiságának és érdeklődésének felkeltése, hogy ezzel megalapozzák a felsőbb évfolyamos tanulmányaikat. Emellett a tantervben meghatározott célként szerepel a természettudomány hasznosságának hangsúlyozása és felelős állampolgárok nevelése (Tsukahara, 2018). Kínában a természettudományos órák nagy létszámú, akár 60-70 fős osztályokban, hagyományosan frontális oktatással és tanári demonstrációs kísérletekkel zajlanak. A természettudományt az első években (1–3. évfolyam) egy általános tantárgy részeként, míg a következő három évben (4–6. évfolyam) integrált természettudományként tanulják a diákok (Price, 2015). Az alsóbb évfolyamokon a tanterv hangsúlyos témakörei: az élőlények és a környezet védelme, a levegőszennyezés, a víz körforgása, a kihalással veszélyeztetett fajok, a hangszennyezés és az újrahasznosítás. A címszavak is jól mutatják, hogy a kínai természettudományos oktatás a környezetével kapcsolatosan felelősen gondolkodni tudó állampolgárok nevelésére fókuszál.

A korántsem teljes tantervi kitekintésünk alapján elmondható, hogy a világ megismeréséhez, a tudományos ismeretek elsajátításához szükséges gondolkodási és kutatási készségek fejlesztése hosszú folyamat, melynek alapozása az óvodában, illetve kisiskoláskorban elkezdődik. Általános tendencia a tanulóközpontú módszerek előtérbe kerülése, a tudományos vizsgálódás elemeinek megjelenése.

■ A természettudományos foglalkozásterveink háttere, filozófiája

Munkacsoportunk nem kisebb feladatra vállalkozott, mint végigvezetni a kisiskolásokat a tudományos megismerés útján. A kidolgozott aktivitások, foglalkozások célja a közvetlen tapasztalatok, tudatos (irányított) megfigyelések és tervszerű kísérletek útján nyert ismeretek feldolgozása, rendszerezése, következtetések levonása. Nem a fizika, kémia, földrajz, biológia ismeretanyagának

egy részét kívánjuk közölni, hanem a kisgyermek tapasztalati körére támaszkodva, azon belül maradva próbáljuk lerakni a természettudományos gondolkodás alapjait. Ehhez jó terepet adhat a természettudományos megismerés lépéseinek, módszereinek követése, az életkorhoz igazodva. Az iskolába lépő gyermekek önálló megfigyelések, próbálkozások, következtetések által szervezett természettudományos ismeretei meglepően széleskörűek. Ezt a tájékozódást kívánjuk folytatni az általános iskola alsóbb osztályaiban.

A tudományos megismerés mint módszer alapvető lépései:

1. *Tapasztalatok gyűjtése*, a valóság, a körülöttünk lévő világ megfigyelése előzetes ismereteink mozgósításával.
2. A vizsgálódásra alkalmas kérdés, *probléma megfogalmazása*, néhány bennünket érdeklő szempont kiválasztása.
3. A valóságot valamilyen szempontból jól tükröző elképzelés, működéshű *modell megalkotása*. A modell egy találó hasonlat, a jó modell egyszerű, szemléletes.
4. *Jóslás új jelenségekre* a modell működtetése alapján (hipotézisek felállítása).
5. A jóslás helyességének *kísérleti ellenőrzése*, a modell alkalmazhatósági határainak felderítése (hipotézisek tesztelése).
6. A *modell alkalmazása* az érvényességi határokon belül.
7. A *modell továbbfejlesztése*, módosítása, az érvényességi határok kiterjesztése, esetleg új modell megalkotása, vagyis ha szükséges, újrakezdjük az első lépéstől.

A fentiek nem felmondandó tananyagot jelentenek, hanem a valóság megismerésének stratégiáját fogalmazzák meg. A kidolgozott és a jövőben kipróbálni tervezett foglalkozásaink a tanulók maximális manuális aktivitására épülnek, gyakran az egyes lépések ki is maradhatnak. A folyamatos tevékenykedés során, a játékosnak látszó feladatok elvégzésével a tanulók elemi fokon tudományos kutatómunkát végeznek, így játszva-kísérletezve jutnak új készségek birtokába. A kísérletezés, a kérdéseken és problémamegoldáson alapuló párbeszéd tanítási forma az egyik leghatásosabb módja a természettudományos szemlélet kialakításának. Az életkorhoz igazodó aktivitások lehetőséget adnak a gyermekekben rejlő ösztönös kísérletező vágy felébresztésére és ébrentartására egyszerű, a mindennapokban is használt eszközökkel elvégezhető kísérletek segítségével. A korosztály jellemző tulajdonságai, a nyitottság, a gyermekekben eredendően meglévő természetes kíváncsiság környezetük megismerésére ideális terep lehet a természettudományos gondolkodás játékos elsajátítására.

■ Konkrét példák a tudományos megismerés mint módszer alkalmazására

A továbbiakban néhány példával próbáljuk röviden bemutatni, hogy a tudományos megismerési folyamat lé-

pésein keresztül milyen lehetőséget látunk a gondolkodásfejlesztésre. A tudományos megismerés fentebb vázolt folyamatának segítségével számos tudományos eredmény született, jól meghatározott érvényességi körű elméleteket alkottak meg, melyek aztán remek alapot szolgáltattak az alkalmazott tudományoknak, és így a mindennapjainkat is befolyásolták. Úgy gondoljuk, hogy a gondolkodásfejlesztésnek fontos célja, hogy a gyerekek saját megismerési folyamataikat e szerint a séma szerint alakítsák, így az élet számos területén jutnak kipróbált, jól használható eszköztárhoz. Jelen írásunkban csak arra vállalkozhatunk, hogy néhány példát mutatunk be az egyes lépések megjelenésére a gondolkodásfejlesztő folyamatban. A későbbiekben tervezzük publikálni több, teljes témakör így felépített feldolgozását.

1. *Tapasztalatok gyűjtése*

Gyakran előfordul, hogy a tudós olyan jelenséggel találja szembe magát, melyet nem keresett tudatosan, hanem véletlenül kerül a látókörébe. Bizonyos esetekben a tanulók által végzett kísérletes foglalkozásoknak is ilyen rácsodálkozás jellegű kísérletek képezik az alapját. Az ilyen típusú tanulói feladatokban az a cél, hogy szembeüljenek egy olyan természettudományos jelenséggel, mellyel még nem találkoztak. Például ilyen lehet, amikor egy összehajtogatott papírvirág kinyílik, amikor a víz felszínére tesszük, vagy a műanyag pohárba fagyasztott jég térfogata nagyobb, mint a belőle kiolvadó víz térfogata, vagy a lejtőn lecsúszó teamécses sima felületen tovább csúszik, mint az érdesebb felületen. Ezekben a kísérletekben a tanulók valami újat, váratlant látnak, és ez képezi a további gondolkodás, felfedezés alapját.

2. *Vizsgálódásra alkalmas kérdés, probléma megfogalmazása*

Az általunk javasolt gondolkodásfejlesztő program egyik legfontosabb sarokköve, hogy a gyerekek megtanuljanak jó kérdést feltenni. Olyan kérdést, amire kaphatnak olyan választ, amire valójában kíváncsiak voltak. Ha megtanulják, hogy a természet maga tud válaszolni az ő kérdéseikre, ha azok a kérdések megválaszolhatók, akkor az így elsajátított gondolkodási műveletet az életük bármely területén felhasználhatják, hiszen minden döntést egy kérdés előz meg. Az első pontnál említett kísérletek esetén természetesen a nyilvánvaló kérdés a „Miért?” Ez a kérdés a rövidege ellenére a legtöbb esetben csak nagyon hosszadalmasan válaszolható meg precízen, sokszor erre a kérdésre így még nem is adható meg a válasz. Pontosabb kérdést kell föltennünk, lehetőleg eldöntendő. Például, hogy „Lehet-e kapcsolat a papír belső szerkezete vagy a lejtő alján lévő felület szerkezete és a tapasztalt kísérleti eredmény között?”. A jég olvadása esetén például megkérdezhetik a gyerekek, hogy „Azért csökkent a jég mérete (térfogata) olvadáskor, mert a részecskék folyékony állapotban szabadabban mozognak, így kisebb helyen elférnek?” Ha megalkottak a gyerekek egy olyan kérdést, amire ők maguk is meg tudják mondani, hogy milyen lehetséges válaszokat kaphatnak, vagyis jók a kérdések, akkor áttérhetünk a következő lépésre.

3. *Modell alkotása*

A tudományos életben természetesen soha nem ismerhetjük meg a minket körülvevő világ tökéletesen

pontos működését. Amit teszünk az az, hogy saját elméleteket, modelleket alkotunk, amelyekből származó következtetések egyre jobban közelítenek a valóságban lejárló eseményekkel kapcsolatos tapasztalatainkhoz. Fontos látnunk, hogy a modellek, elméletek minden esetben absztrakció eredményei, nem valós természeti jelenségek. Ebből az is következik, hogy a modellalkotás még mindig nem egy kísérletes tevékenység.

Mielőtt a fenti példák esetén próbálunk modelleket alkotni, tegyünk egy rövid kitérőt! A modellalkotás is lehet kísérletes tevékenység, amikor magát a modellalkotást valósítjuk meg kísérletezés formájában, azaz a modellalkotást „játsszuk el”. Ezen tevékenységet megvalósító foglalkozástervet mutatunk be az alábbiakban.

Zörgetős feketedobozos vizsgálatok, modellalkotás bevezetése

Bevezető gondolatok, ráhangolódás

A természettudósok gyakran vizsgálnak olyan tárgyakat (jelenségeket), amelyekről csak közvetett módon tudnak információt szerezni. Ilyen például az atomok belseje, a távoli égitestek, egy élő kismacska, az emberi agy stb. Ezeket a dolgokat közös néven fekete doboznak szokták nevezni. Nem tudjuk felnyitni a „dobozt”, csak annak „viselkedését” figyelhetjük meg. Megvizsgálhatjuk, hogy különböző, általunk létrehozott külső hatásokra hogyan reagál, „milyen válaszokat ad”, s ebből következtethetünk belső szerkezetére, működésére. Ezt a munkamódszert alkalmazzák a kutatók, mérnökök, orvosok.

Eszközök, anyagok:

kartonból előre elkészített dobozok (kb. 15 cm × 10 cm × 5 cm), belsejükben kartonból válaszfal(ak) beragasztva, benne apró golyók, például műanyag gyöngyök, gyöngykvacs

Elvégzendő tevékenység

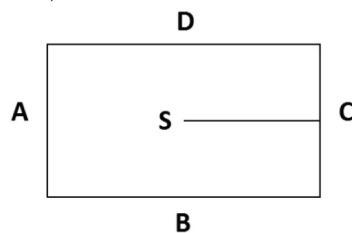
1. Tanulói kísérlet

– Vedd kézbe a dobozt! (Ebben a dobozban néhány apró golyó van.) A feladat az, hogy a doboz felnyitása nélkül találd ki, hogyan helyezkedik el az akadály a dobozban.

– Rázogasd a dobozt és füleld a golyók koppanását!

– Különböző eszközöket is felhasználhatsz (pl. mágnes, vonalzó az egyensúlyozáshoz).

– Megfigyelésed alapján készíts vázlatot (modellt) a doboz belső felépítéséről! Például, ha az ábrán lévő vázlatot készíted el, az azt jelenti, hogy az A oldaltól a C oldalig a golyók ütközés, zörgés nélkül jutnak el (és vissza), tehát itt nincs akadály,



amíg a B oldaltól a D oldalig koccanást hallunk, mivel ott van az S oldal, ami kicsit alacsonyabb, mint a doboz többi oldala.

– A modell alapján jósold meg, hogy más irányba döntve a dobozt, hogyan fognak mozogni a golyók! Kísérletekkel ellenőrizd jóslatodat!

– Ha az újabb megfigyelések nem egyeznek meg a doboz belsejéről készített vázlattal, akkor módosítsd azt, illetve készíts új modellt! Ellenőrizd a modellt további megfigyelésekkel!

Tapasztalat: A doboz mozgatásával azt tapasztaljuk, hogy a benne lévő golyók koccanása másként hallatszik, ha nincs akadály, és másként, ha válaszfalba ütköznek.

Tanulókkal levonható következtetés:

A különböző dobozok belső szerkezetét fel lehet térképezni az alkalmazott módszerrel.

2. Tanulói kísérlet:

– Cseréld ki egy másik csoporttal a fekete dobozt, ezt a dobozt is vizsgálj meg (zörgetés, jóslat, modellrajz, jóslat, ellenőrzés)!

– Hasonlítsátok össze az ugyanarról a dobozról készített modelleket! Ha nem egyforma a két modell, próbáljátok eldönteni, hogy melyik a jobb!

Tanároknak: Készítsünk különböző belső szerkezetű, számozott dobozokat. A diákok zörgetéssel a válaszfalak elhelyezkedésére tudnak következtetni. A tanulók által adott vázlat (modell) ellenőrzését másik tanulócsoporthoz vizsgálata igazolja (vagy cáfolja). A világ egyik leghasznosabb megismerési módszere a modellalkotás. A modell a valóság egy darabjának sokféle megfigyelhető tulajdonságai közül csak néhányat, de éppen a számunkra érdekeset veszi figyelembe, ezeket magyarázza valamely ismert tárggyal, szerkezettel történő összehasonlítás alapján.

Térjünk most vissza eredeti gondolatmenetünkhöz, és nézzük meg, hogy a fenti példák esetén milyen modelleket alkothatunk a kérdéseink alapján: A papírlap belsejét képzeljük el úgy, mint nagyon apró lyukacsos szerkezetet, melynek falait a víz nedvesíti, így bizonyos magasságig bennük a víz felfelé mozdul el. A lejtőről lecsúszó teamécsessel kapcsolatos kísérletünk során alkotott modell azt mondja, hogy minél nagyobbak a szemcséi annak a felületnek, amelyen a tárgy csúszik, annál hamarabb lefékezi a tárgyat. A jég esetében pedig azt a modellt állítottuk föl, hogy minél szabadabban mozognak egy tárgy részecskéi, azok annál kisebb helyen elférnek.

4. A modelltől következő jóslat (hipotézis) felállítása egy eddig nem ismert jelenségre vonatkozóan

A tudományos elméletnek (modellnek) – sok egyéb mellett – két fontos követelménynek meg kell felelnie. Az egyik, hogy lehessen belőle valamilyen eddig nem ismert jelenségre vonatkozó jóslatot megfogalmazni. A másik, hogy meg tudjuk mondani, milyen kísérleti eredmények cáfolják meg egyértelműen. Fontos tudni, hogy ez utóbbi a legtöbb áltudományos teória legfontosabb hiányossága, hiszen olyan jelenséget szinte minden elmélethez lehet találni, ami igazolja azt, de megkerülhetetlenül

nül fontos, hogy meg lehet-e mondani, hogy milyen tapasztalat cáfolná meg.

A fenti példáink esetében is nézzük meg a jóslat vagy hipotézis alkotásának lépését! A vízre helyezett papírvirág esetében, ha azért nyílt ki, mert anyagának belső szerkezete olyan, hogy nagyon apró kis üregecskék vannak benne, és ebbe belekerül a víz, akkor ezt a jelenséget más kísérletben is tetten érhetjük. Például, ha egy papírtörőre vízszintesen filctollcsíkot húzunk, majd beleállítjuk egy pohár vízbe, akkor a filctollcsíknak felfelé kell elmosódnia, hiszen a papírban a víz felfelé áramlik. A lejtőről lecsúszó teamécses esetén, ha az anyag felületén található szemcseméret határozza meg a csúszás távolságát, akkor ezt is ellenőrizhetjük. Ha nagyítóval megvizsgáljuk az anyagot, azt kell kapjunk, hogy amelyiknél leghamarabb áll meg mécses, annak legnagyobbak a szemcséi. Sőt, ha így megvizsgálunk egy tetszőleges (addig nem használt) anyagot, akkor előre meg tudjuk jósolni, hogy körülbelül hol fog rajta megállni a teamécses. Az olvadó jég esetén az volt az elméletünk, hogy ha melegítjük a jéget és víz lesz belőle, akkor a részecskék kisebb helyen férnek el. Ebből az a jóslat következik, hogy ha a vizet tovább melegítjük, akkor a légnemű halmazállapotú víz kisebb helyen fér el, mint a folyékony. Ezt úgy ellenőrizhetjük, hogy ha a meleg vízből párolgó gőzt lezárjuk egy műanyag palackban és a zárt palackot hűteni kezdjük, akkor a palack fala meg fog feszülni.

5. A modell kísérleti ellenőrzése

Elérkeztünk a legérdekesebb részhez. Itt ismét kifejezetten kísérletalapú tanulói aktivitások valósíthatók meg, de az első lépéssel szemben óriási különbség, hogy a kísérlet kimenetelét a gyerek már várja, hiszen az általa alkotott modellből az általa alkotott jóslatot ellenőrizzük. A fent említett kísérletek során alkotott modellek közül csak az egyik nem jár a modellből származó jóslat megerősítésével: a jég halmazállapot-változásával kapcsolatos. A másik kettőnél a jóslatunk teljesül a fent leírt kísérletek során. A jég halmazállapot-változása során alkotott modellünkből származó jóslat viszont nem igazolódik be, hiszen az elvégzett kísérlet eredménye ennek az ellenkezőjét mutatja, vagyis a palack, ahelyett hogy megfeszülne, összehúzódik a hűtés hatására. Ennek oka, hogy a légnemű víz lecsapódva kisebb helyen elfér, ezért a palackban csökken a nyomás, így összehúzódik a fala.

6–7. A modell érvényességi határán belüli használata, továbbfejlesztése, általánosítása

Mint ahogyan azt korábban is írtuk, a természettudományos megismerési módszer nem más, mint hogy a tapasztalataink alapján a fejünkben lévő modellt fokozatosan közelítjük a valósághoz. Ha a jóslatunk egyezik a tapasztalatokkal, akkor további általánosításokkal szeretnénk élni, hogy még átfogóbb elméletünk, modellünk legyen. Például, mivel igazolást nyert, hogy a papír apró üregeket tartalmazó belső szerkezete a felelős a kinyíló virágszirmokért, úgy léphetünk tovább, ha azt feltételezzük, hogy bármely nagyon kis keresztmetszetű edényben megemelkedik a folyadék szintje. Ekkor természetesen újra indul a fentebb részletesen leírt folyamat, melynek végén két mikroszkóp tárgyilemez egy gyufaszállal elválasztva szorosan összegumizunk, hogy egyik élük összeér,

másik élük pedig a gyufaszálnyi távolságban van egymástól. Ha ezt az elrendezést vízbe állítjuk, akkor azt látjuk, hogy a két lemez között annál magasabbra emelkedik a víz, minél közelebb vannak egymáshoz. Ebből az következik, hogy az általánosított modellünket sem kell elvetni. Mit tegyünk azzal a modellel, amiből származó jóslatunk helytelennek bizonyult? Ha tanárként vezetjük a foglalkozást, és a diák egy saját, utólag helytelennek bizonyult modelljét cáfolja meg, akkor nagyon örülünk, hiszen ez talán értékesebb gondolkodásfejlesztő eredmény, mint az igazolás. Természetesen segítünk a gyerekeknek újraalkotni a modellt, és az új modellből új jóslatot alkotva, azt újra ellenőrizni.

Igyekeztünk néhány példát felvillantani, amelyekkel talán sikerült bemutatni, hogy milyen módon vezethető végig a kísérletező gyermek a tudományos megismerés folyamatán. Tettük ezt annak reményében, hogy a tudományban is használt, évszázadok során kipróbált sémák alkalmazásának segítségével hozzájárulhatunk a tanulók gondolkodásfejlődéséhez. Módszerünkben kihasználtuk a diákok kíváncsiságából adódó előnyöket, mint a fokozott motiváció, a hatékonyabb tanulás vagy akár a pontosabb emlékezés. Mindeközben igyekeztünk szem előtt tartani a korosztály tanulási és gondolkodási sajátosságát és gyermeki játékoságát is, hiszen Einstein szerint „A játék a kutatás legjobb módja”. Bízunk benne, hogy kedvcsináló ízelítőt tudunk adni az általunk fejlesztett módszer alkalmazásának lehetőségeiről. A jövőben igyekeztünk konkrétan megvalósítható tananyagokkal is segítségére lenni azoknak a kollégáknak, akik kedvet éreznek magukban ennek kipróbálásához.

A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Tanár-gy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

■ Irodalom

Császár Imre (2019 a): Titkok padlása a SzeReTeD Laborban I. – alsósoknak szóló természettudományos foglalkozások élménye. *Tanító*, 57. 3. sz. 1–4.

Császár Imre (2019b): Titkok padlása a SzeReTeD Laborban II. – alsósoknak szóló természettudományos foglalkozások tartalmi keretei. *Tanító*, 57. 4. sz. 1–4.

Molnár Milán, Papp Katalin (2014): Természettudományos nevelés kisgyermekkorban. *Fizikai szemle*, 64. sz. 74–79.

NGSS Leads States (2013): Next generation science standards: For states, by states. The National Academies Press, Washington, DC.

Price, R. F. (2015): Science Curriculum – A Global Perspective: Science Teaching in China, <http://www.artofteachingscience.org/countries/china.html>

So, W. W. és Cheng, M. M. (2009): Science Education in Hong Kong: Opportunities for Research and Development. *Educational Research Journal*, 24. 2. sz. 196–216.

Tsukahara, S. (2018): Science Curriculum – A Global Perspective: Science Teaching in China. <http://artofteachingscience.org/countries/japan.html>