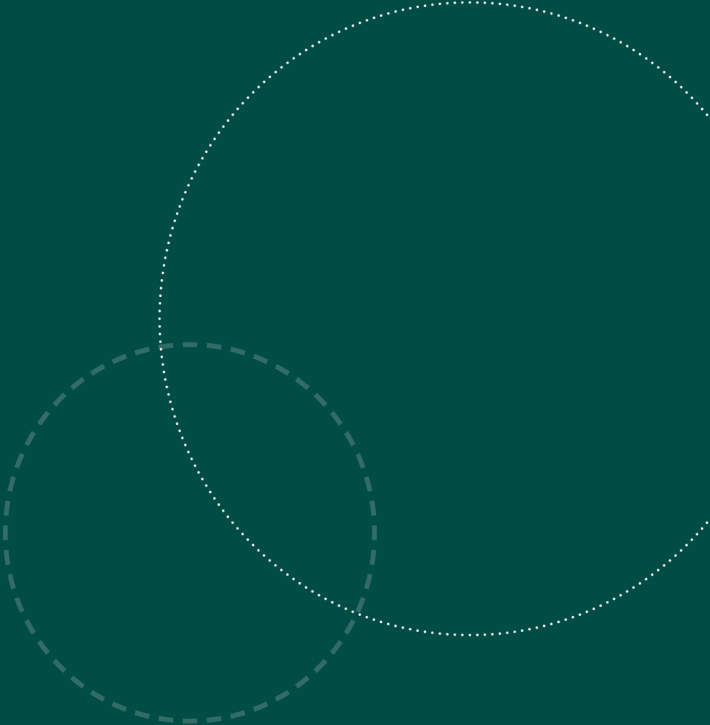




TARTALMI KERETEK A TERMÉSZETTUDOMÁNY DIAGNOSZTIKUS ÉRTÉKELÉSÉHEZ

Szerkesztette:

Csapó Benő és Szabó Gábor



NEMZETI TANKÖNYVKIADÓ



Tartalmi keretek
a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez

TARTALMI KERETEK A TERMÉSZETTUDOMÁNY DIAGNOSZTIKUS ÉRTÉKELÉSÉHEZ

Szerkesztette

Csapó Benő

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet
és

Szabó Gábor

Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Nemzeti Tankönyvkiadó
Budapest

Diagnosztikus mérések fejlesztése
Projekt azonosító: TÁMOP 3.1.9-08/1-2009-0001

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Szerzők:

Philip Adey, Adorjánné Farkas Magdolna, B. Németh Mária, Csapó Benő,
Csíkos Csaba, Korom Erzsébet, Makádi Mariann, Nagy Lászlóné,
Radnóti Katalin, Revákné Markóczi Ibolya, Szabó Gábor, Tóth Zoltán, Wagner Éva

A kötet fejezeteit lektorálta:

Papp Katalin és Tasnádi Péter

ISBN 978-963-19-7236-8

© Philip Adey, Adorjánné Farkas Magdolna, B. Németh Mária, Csapó Benő,
Csíkos Csaba, Korom Erzsébet, Makádi Mariann, Nagy Lászlóné,
Radnóti Katalin, Revákné Markóczi Ibolya, Szabó Gábor, Tóth Zoltán,
Wagner Éva, Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt., Budapest

Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt.
a Sanoma company

www.ntk.hu • Vevőszolgálat: info@ntk.hu • Telefon: 06-80-200-788

A kiadásért felel: Kiss János Tamás vezérigazgató
Raktári szám: 42682 • Műszaki igazgató: Babicsné Vasvári Etelka
Felelős szerkesztő: Szilágyi Edit • Műszaki szerkesztő: Dobó Nándor
Terjedelem: 28,06 (A/5) ív • Első kiadás, 2012

If you can not measure it, you can not improve it.

Amit nem tudunk megmérni, azon nem tudunk javítani.

(Kelvin)

Tartalom

Bevezetés (<i>Csapó Benő és Szabó Gábor</i>)	9
1. <i>Philip Adey és Csapó Benő</i> : A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése	17
2. <i>B. Németh Mária és Korom Erzsébet</i> : A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése.	59
3. <i>Korom Erzsébet és Szabó Gábor</i> : A természettudomány tanításának és felmérésének diszciplináris és tantervi szempontjai	93
4. <i>Korom Erzsébet, B. Németh Mária, Nagy Lászlóné és Csapó Benő</i> : A diagnosztikus természettudomány-felmérések részletes tartalmi kereteinek kidolgozása: elméleti alapok és gyakorlati kérdések. . .	151
5. <i>Korom Erzsébet, Nagy Lászlóné, B. Németh Mária, Radnóti Katalin, Makádi Mariann, Adorjánné Farkas Magdolna, Revákné Markóczi Ibolya, Tóth Zoltán, Csikos Csaba és Wagner Éva</i> : Részletes tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez . .	179
A kötet szerzői	311

Bevezetés

A diagnosztikus mérések tartalmi kereteit bemutató kötet mottójaként *Kelvintől* vett idézetet választottunk: „Amit nem tudunk mérni, azon nem tudunk javítani”. Ennek igazságát egy másik hivatás területéről vett példával szemléltethetjük, felidézhetjük az orvoslás gyakorlatát: ha nem tudnánk lázat mérni, nem lehetne megállapítani, milyen hatása van a láz csillapítására alkalmazott gyógyszernek. Természetesen mérőeszköz nélkül, például a homlok megérintéséből is becsülhetjük a test hőmérsékletét, de a becslés pontosságát számos szubjektív tényező befolyásolhatja. Ma már el sem tudnánk képzelni az orvosok munkáját a diagnózis elkészítését és a terápia beállítását segítő sokféle mérőeszköz nélkül. Ugyanakkor a pedagógusok ma még nagyrészt szubjektív becslésekre hagyatkozva végzik iskolai fejlesztő munkájukat, anélkül, hogy mérőeszközöket alkalmaznának a tanuló fejlettségi szintjének vagy a fejlesztő beavatkozások, a napi pedagógiai munka eredményének meghatározására.

Egy másik, *Einsteintől* származó idézet rávilágít a pedagógiai mérések dilemmáira is: „Nem minden fontos, ami mérhető, és nem minden mérhető, ami fontos”. (*Not everything that is measurable is important, and not everything that is important is measurable.*) Ennek analógiájára a problémát, mellyel a természettudományos tudás diagnosztikus felmérése során szembesüzünk, a következőképp jellemezhetjük: a tudásnak nem mindig azok a legfontosabb elemei, amelyeket a legkönnyebben mérni lehet. Értethető, hogy kezdetben a természettudományos tudásszintmérések is a legkönnyebben mérhető területekkel foglalkoztak, azt vizsgálva, tudják-e a tanulók változatlan formában reprodukálni a tananyagot. Bonyolultabb feladatot jelent annak felmérése, vajon megértették-e, amit megtanultak, és tudják-e azt új helyzetekben alkalmazni. Még tovább kell lépni, ha azt kívánjuk mérni, vajon megfelelően fejleszti-e a természettudomány tanítása a tanulók értelmi képességeit, természettudományos gondolkodását.

Az ezredforduló körüli évtizedekben világszerte megerősödtek azok a kutatások, fejlesztési programok, amelyek eredményeit integrálva és a gyakorlatba átültetve alapvetően javulhat az iskolai oktatás eredményessége. Az a program, amelynek keretében ez a kötet létrejött, három fontosabb fejlődési tendencia metszetében helyezkedik el. Egyrészt a nemzetközi felmérések jelentős lendületet adtak a pedagógiai értékelés, tesztelés fej-

lődésének; másrészt a pedagógiai és pszichológiai kutatás eredményei nyomán mind kifinomultabb tudáskonceptió kidolgozására nyílik lehetőség, ezért jobban meg lehet határozni, mit érdemes mérni a fejlődés egyes szakaszaiban; harmadsorban pedig az információs-kommunikációs technológiák alkalmazása lehetővé teszi, hogy a méréseket úgy, olyan gyakorisággal végezzük el, ahogyan azokra az iskolai munkában szükség van.

Az oktatási rendszerek fejlődésének kulcsa, hogy a rendszer különböző szintjein hatékony visszacsatoló mechanizmusok épüljenek ki. Ezeket olyan mérésekkel lehet megvalósítani, amelyek a rendszer egyes szintjein objektív adatokat szolgáltatnak a különböző teljesítményekről. A mérések teszik lehetővé, hogy megállapítsuk, megfelel-e a rendszer működése a kitűzött céloknak, vagy egy beavatkozás elérte-e a kívánt eredményt. A közoktatási rendszerben a visszacsatolás három fontosabb szintje alakult ki. A nemzetközi vizsgálatok az elmúlt évtizedben váltak rendszeressé. A fontosabb természettudományi felmérésekben (PISA, TIMSS) Magyarország is részt vesz. Ezek eredményei lehetővé teszik, hogy a magyar közoktatás teljesítményét más országokéval összehasonlítva értékeljük, és annak alapján következtetéseket vonjunk le arra vonatkozóan, miként lehet az oktatást rendszerszinten javítani. Az egymást követő felmérések eredményei visszajelzést adnak az esetleges beavatkozások hatásairól is. A nemzetközi értékelési programok megtervezésében és lebonyolításában a világ legjelentősebb kutató-fejlesztő központjai vesznek részt. Az általuk kidolgozott mérés-metodikai megoldások segítették és segítik a nemzeti értékelési rendszerek kialakítását.

Sok országban, köztük hazánkban is kiépült a teljes körű, néhány évfolyamon minden tanulóra kiterjedő évenkénti felmérés. Így az iskolák részletes visszajelzést kapnak saját tanulóik eredményéről, amelyek elemzése révén javíthatják belső folyamataikat, munkájuk hatékonyságát. Az eredmények nyilvánosságra hozatala ösztönzést jelenthet a fejlődés lehetőségeinek keresésére. Ugyanakkor az ilyen jellegű rendszereket hosszabb ideje működtető országok gyakorlata azt is megmutatta, hogy az iskolákra gyakorolt nyomás csak bizonyos mértékig javítja a hatékonyságot, és különböző torzulásokhoz vezethet az, ha az iskolák vagy a pedagógusok számára túl magas az egyes mérések tétje. A hatékonyságot a továbbiakban csak a tanárok munkáját közvetlenül segítő módszerek és eszközök elterjesztésével lehet javítani. Ezek közé tartozik olyan mérőeszközök kidolgozása, amelyekkel a pedagógusok pontosan meg tudják

határozni, hol tart a tanulók fejlődése a későbbi tanulás szempontjából fontosabb területeken.

A hagyományos, papír alapú tesztek azonban nagyon költségesek és munkaigényesek, így nem voltak alkalmasak a kellően gyakori mérésre. Ezért második fontos fejleményként említjük az új információs és kommunikációs technológiák robbanásszerű fejlődését, melyek az élet minden területén, így a pedagógiai mérésekben is újszerű megoldásokat kínálnak. Alkalmazásukkal korábban megvalósíthatatlan feladatok kényelmesen megoldhatóvá válhatnak az oktatásban is. Ez utóbbiak közé tartozik a gyakori diagnosztikus visszajelzést biztosító pedagógiai értékelés. A számítógépek alkalmazása az oktatásban gyakorlatilag az első nagyméretű elektronikus számítógépek megjelenésével megkezdődött, hiszen már évtizedekkel ezelőtt is születtek számítógépes oktatóprogramok. Az informatikai eszközök iskolai alkalmazását azonban gyakran a technológia motiválta, azzal a logikával, hogy ha már adott a lehetőség, alkalmazzuk azt a tanításban is. Az online diagnosztikus értékelés a másik oldalról indult el: egy alapvető jelentőségű pedagógiai feladat megoldásához keressük az alkalmas technológiát. Itt az információs-kommunikációs technológia valóban mással nem pótolható eszközt jelent, amely kiterjeszti a pedagógiai értékelés lehetőségeit.

A harmadik és e kötet tárgyához legközelebb álló fejlemény a pszichológia kognitív forradalma, amely a múlt század végén számos területre kihatott, és új lendületet adott az iskolai tanulás és tanítás kutatásának is. Új, a korábbinál differenciáltabb tudáskonceptiók kialakulásához vezetett, ami lehetővé tette az iskolai oktatás céljainak pontosabb meghatározását, tudományosan megalapozott standardok, követelmények kidolgozását. Ez a folyamat megnyitotta az utat a tanulók fejlődési folyamatainak részletesebb feltérképezése előtt is. A természettudomány tanításában viszonylag korán megjelent a pszichológiai szempont. *Piaget* az értelmi fejlődést vizsgáló klasszikus munkáiban egyszerű természettudományos kísérletek végzésével tanulmányozta a gyerekek gondolkodását, később a fogalomfejlődés és a tévképzetek kutatásához is a természettudományos jelenségekkel kapcsolatos megismerési folyamatok szolgáltatták az elsődleges vizsgálati terepet.

A kora gyermekkor meghatározó szerepének felismerése nyomán a figyelem középpontjába került az iskola kezdő szakasza, különösképpen a nyelvi fejlődés segítése és a gondolkodási képességek fejlesztése.

Számos vizsgálat bizonyította, hogy az alapvető készségek elsajátítása nélkül a tanulók nem képesek a tananyag mélyebb megértésére, ami nélkül pedig legfeljebb csak változatlan formában tudják reprodukálni a tananyagot, de nem képesek új helyzetekben alkalmazni. A megfelelő alapok kialakítása nélkül a későbbi tanulásban súlyos nehézségek jelentkeznek, az első iskolai években elszenvedett kudarc egész életre meghatározza a tanuláshoz való viszonyt. A természettudományos fogalmak fejlődése már az iskolát megelőzően elindul, az első iskolai éveknek meghatározó szerepe van a fogalomfejlődés helyes irányba terelésében. A korai természettudomány-tanítás formálja a gyerekek gondolkodását, szemléletmódját, a tapasztalati megismeréshez való viszonyát.

Az említett fejlődési folyamatok nyomán indította el a *Szegedi Tudományegyetem Oktatásméleti Kutatócsoportja* a „Diagnosztikus mérések fejlesztése” c. projektet. Ennek keretében három fő területen, az olvasás-szövegértés, a matematika és a természettudomány területén kerül sor a diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek részletes kidolgozására az iskola első hat évfolyama számára. Ezekre épülnek a több ezer feladatot tartalmazó feladatbankok, melyeket majd online számítógépes rendszer tesz az interneten keresztül hozzáférhetővé. Ez a rendszer – melynek teljes kidolgozása sok egymásra épülő lépésből álló, hosszú folyamat – alkalmas lesz arra, hogy gyakori tanulói szintű visszajelzéseket szolgáltatson.

A diagnosztikus tesztek mindenekelőtt azt elemzik, hol tart az egyes tanulók fejlődése bizonyos viszonyítási szempontokhoz képest. Miként a rendszerszintű vizsgálatoknál általában, itt is a populáció átlaga lehet természetes viszonyítási alap, hiszen fontos információt jelent, hogy hol tart a tanuló a hasonló helyzetű társaihoz képest. Ezen túl szükség van a fejlődésbeli elvárások, külső viszonyítási pontok meghatározására is. A diagnosztikus teszteknek azonban ennél többet kell nyújtaniuk: követniük kell a tanulók fejlődésének időbeli változását, azaz egy adott teljesítményt össze kell vetni a tanuló korábbi eredményeivel is.

A diagnosztikus mérések akkor segíthetik hatékonyan a tanulók fejlesztését, ha a mérőeszközök tudományos alaposággal kidolgozott tartalmi keretekre épülnek. A kutatási eredmények alapján lehet meghatározni, hogy mely területeken, milyen dimenzióban mérhető a fejlődés, milyen a változások kívánatos iránya, az egyes területeken mit jelent az előrelépés, miben nyilvánul meg egy korábbi fejlettségi szint meghaladása. Mind a kora gyermekorra való fókuszálás, mind pedig a diagnosztikus

aspektus szükségessé teszi a mérések tartalmának részletesebb kidolgozását, sokoldalú tudományos megalapozását, a fejlődés-lélektani szempontok, a tudás alkalmazásával kapcsolatos elvárások és a természettudomány diszciplináris sajátosságainak figyelembevételét.

A mérések tárgyát a tartalmi keretek írják le. Ezek kidolgozása a projekt egyik legfontosabb feladata volt. Az eredményeket három azonos szerkezetű kötet foglalja össze. Ez a kötet a természettudomány diagnosztikus felmérésének tartalmi kereteit mutatja be, két hasonló kötet az olvasás és a matematika területén végzett munkáról számol be. A három területen párhuzamosan folyt a fejlesztőmunka, ugyanazt a tágabb elméleti koncepciót, azonos fogalmi rendszert alkalmazva került sor a mérések részletes tartalmának meghatározására. Ennek megfelelően a kötetek közös szerkezetén túl a bevezető és egy közbülső fejezet is tartalmaz közös részeket. A projekt keretében egységesen a *természettudomány* kifejezést használjuk a mérési terület általános megnevezésére, abban az értelemben, ahogy a nemzetközi szakirodalom alkalmazza a *science* terminust.

A kötetben is bemutatásra kerülő fejlesztőmunka épít a Szegedi Tudományegyetemen pedagógiai értékelés terén folyó több évtizedes kutatómunka tapasztalataira és az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport eredményeire. Mindenekelőtt a pedagógiai értékelés, a méréselmélet terén végzett tevékenységek tapasztalatait, a feladatírás, tesztyszerkesztés, tesztfejlesztés terén kialakított technológiákat hasznosítottuk. Számos konkrét vizsgálat eredményei segítették a tartalmi keretek kidolgozására irányuló munkánkat, így a tudás szerkezetével, szerveződésével kapcsolatos vizsgálatok, a fogalmi fejlődés, a gondolkodási képességek fejlődése, a problémamegoldás, az iskolakészültség-felmérések eredményei, továbbá az iskolai longitudinális kutatási program tapasztalatai.

Ugyanakkor a diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek kidolgozása az előzőeken túlmutató komplex feladat, amelynek megoldásához kiterjedt tudományos összefogásra van szükség. Ennek megfelelően e munka széles körű hazai és nemzetközi együttműködésben valósult meg. Az egyes kötetek nyitó fejezeteinek megírásában társ szerzőként az adott kérdések vezető kutatói működnek közre, ezáltal a nemzetközi szinten elérhető legkiérleltebb tudományos tudásra építhetünk. A tartalmi keretek részleteinek kidolgozásában a tantervfejlesztésben, feladatírásban jártas gyakorlati szakemberek, pedagógusok vettek részt.

A diagnosztikus mérési rendszer egy háromdimenziós tudáskoncep-

cióra épül, követve azt a hagyományt, amely végigvonul a szervezett iskolázás történetén. A szervezett oktatással egyidős törekvés az értelem kiművelése, a gondolkodás, az általános képességek fejlesztése. A modern iskolai oktatás is számos olyan célt tűz ki, amely magára a tanuló személyre vonatkozik. E célok megvalósításában mindenekelőtt az emberrel, a fejlődő gyermekkel foglalkozó tudományok, a fejlődéslélektan és a tanulásra vonatkozó pszichológiai vizsgálatok eredményei igazítanak el bennünket. A természettudományok terén e dimenzió középpontjában a természettudományos gondolkodás fejlesztése áll.

A célok egy másik köre az iskolában tanultak hasznosságával kapcsolatos. A „nem az iskolának tanulunk” figyelmeztetés ma talán aktuálisabb, mint korábban bármikor, hiszen a modern társadalmi környezet sokkal gyorsabban változik, mint amit az iskola követni tud. A korábbi kutatásokból tudjuk, hogy a tudástranszfer nem automatikus, a tanulók nem feltétlenül tudják a tanultakat új helyzetekben hasznosítani. Ezért a diagnosztikus értékelés során önálló dimenzióként jelenik meg az alkalmazható tudás felmérése. Ez egy másik szempontú célrendszert jelent, annak meghatározását, mit várunk el a tanulóktól, hogy tudásukat az iskolai tanulás más területein vagy az iskolán kívül alkalmazni tudják.

Harmadsorban fontos annak a tartalomnak a körülhatárolása, amelyet az iskola a természettudomány által felhalmozott tudásból közvetíthet. Nem csupán azért, mert ezek nélkül az előző célokat sem lehet megvalósítani, hanem azért is, mert önmagában is fontos, hogy a tanulók megismerjék a természettudományok által létrehozott, és annak belső értékei szerint szerveződő tudást.

Az utóbbi évtizedekben ezek a célok egymással versengve jelentek meg, hol egyik, hol a másik került előtérbe. E projekt keretében feltételezzük, hogy az oktatás a három fő célt egymással integrálva valósítja meg, ugyanakkor a diagnosztikus értékelésnek ezeket differenciáltan kell kezelnie. A diagnosztikus értékelésnek konkrétan meg kell mutatnia, ha egyik vagy másik dimenzióban lemaradás tapasztalható.

A kötet első három fejezete az előzőekben említett három dimenzió elméleti hátterét, kutatási eredményeit összegzi. Az első fejezetben *Philip Adey* és *Csapó Benő* bemutatja a természettudomány tanulásának a gondolkodás fejlesztésében betöltött szerepét és az ezzel kapcsolatos mérési feladatokat. A második fejezetben *B. Németh Mária* és *Korom Erzsébet* a természettudományos tudás alkalmazásával, a természettudományos mű-

veltséggel kapcsolatos elméleti kérdéseket tekinti át. A harmadik fejezet – *Korom Erzsébet* és *Szabó Gábor* munkája – azt foglalja össze, milyen tartalmakat kínál a természettudomány a korai iskolai oktatás számára, elsősorban a természettudományos fogalmak fejlesztésére.

Mindegyik elméleti tanulmány gazdag szakirodalomra épül, és részletes irodalomjegyzékek segíthetik a későbbi fejlesztőmunkát is. A negyedik fejezetben a szerzők – *Korom Erzsébet*, *B. Németh Mária*, *Nagy Lászlóné* és *Csapó Benő* – a részletes tartalmi keretek kidolgozásának elméleti kérdéseit tekintik át, és bemutatják a diagnosztikus mérések megalapozását szolgáló gyakorlati megoldást.

A kötet legterjedelmesebb, ötödik fejezete tartalmazza a diagnosztikus értékelés részletes tartalmi kereteit. Ennek a résznek az a funkciója, hogy megalapozza a mérőeszközök kidolgozását, a feladatok elkészítését. A diagnosztikus értékelés tekintetében az iskola első hat évfolyamát egységes fejlesztési folyamatnak tekintjük. Ennek megfelelően a mérési eredményeket a hat évfolyamot átfogó skálákon fejezzük ki, ezeken helyezzük el a tanulókat pillanatnyi fejlettségi szintjük alapján. Így lényegében a feladatok tartalmainak leírása is egyetlen folyamatos egységet alkothatna. Az áttekinthetőség és az oktatási standardok hagyományait követve azonban a folyamatot három, hozzávetőleg két évet átfogó szintre bontottuk. Így mutatjuk be a három dimenzió mentén az összesen kilenc tartalmi blokkot.

A tartalmi kereteknek azt a formáját, amelyet ebben a kötetben összefoglaltunk, egy hosszabb fejlesztési folyamat kezdő lépésének tekinthetjük. Meghatároztuk, hogy a ma rendelkezésre álló tudás alapján mit célszerű mérni, melyek a felmérések fő dimenziói. Az áttekintett területeken azonban nagyon gyors a fejlődés, ezért a későbbiekben időről időre integrálni kell az új tudományos eredményeket. A feladatbank kidolgozásában szerzett tapasztalatok, majd később, a diagnosztikus rendszer működése révén keletkező adatok elemzése lehetőséget nyújt a tartalmi leírások folyamatos finomítására. A feladatok bemérése, majd az adatok összefüggéseinek elemzése nyomán az elméleti modelleket is újraértékeljük. Néhány év múlva azt is elemezni lehet, hogy a korai fejlődés egyes területei milyen összefüggésben állnak a későbbi teljesítményekkel, így mód lesz a feladatok prediktív és diagnosztikus validitásának meghatározására, ami szintén fontos forrása lehet az elméleti keretek továbbfejlesztésének.

A kötet elkészítésében meghatározó szerepet játszott *Korom Erzsébet*, aki azon túl, hogy részt vett négy fejezet megírásában, irányította a részletes tartalmi kereteket kidolgozó munkacsoport tevékenységét is. A munkában a szerzőkön kívül számos további munkatársunk működött közre, akiknek ezúton is köszönetet mondunk. Külön is köszönjük a projektet irányító és szervező team, *Molnár Katalin*, *Kléner Judit* és *Túri Diána* munkáját. A tartalom kidolgozásához és végső formába öntéséhez sok segítséget kaptunk szakmai lektorainktól. Ezúton is köszönjük *Papp Katalin* és *Tasnádi Péter* értékes kritikai észrevételeit és javaslatait.

Csapó Benő és Szabó Gábor



A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése

Philip Adey

Kings' College London Department of Education

Csapó Benő

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Bevezetés

A természettudomány tanítását mindig is az egyik legjobb eszköznek tekintették a tanulók értelmének fejlesztéséhez. Általánosan elfogadott, hogy a természettudományok művelése, empirikus kutatások végzése, kísérletek megtervezése és végrehajtása, megfigyelések eredményeinek elrendezése és az értelmező elméletek megalkotása a gondolkodás legszisztematikusabb formáit igénylő tevékenységek egyike. Az a tény, hogy a tudományos elméletek megértése fejlett gondolkodási képességeket igényel, ahhoz a feltételezéshez vezetett, hogy a természettudományok iskolai oktatása fejleszti a tanulók gondolkodási képességeit is. Ez valószínűleg mindig igaz volt azon tanulók esetében, akiknek valóban sikerült elmélyülniük a természettudományokban, de a többségre nem igazolódott ez a feltételezés, mivel a tudás közvetítését többnyire nem igazították a tanulók képességeinek aktuális fejlettségéhez.

Azt, hogy a természettudományok tanítása elősegíti a gondolkodás fejlődését, esetenként csak érvként használták arra, hogy megnöveljék a természettudományok részesedését az iskolai tantervekben. A természettudományos eredmények gyors szaporodása és az iskolai tanrendbe történő átemelése hatására azonban gyakran olyan mennyiségű tudományos tan-

anyag alakult ki, amelyet a tanulók képtelenek voltak feldolgozni és megérteni. A huszadik század második feléig, a megfelelő pszichológiai elméletek és a természettudományos oktatás hatásait felmérő bizonyíték alapú módszerek hiányában lehetetlen volt a tanulók gondolkodási képességének szisztematikus fejlesztését előirányzó ambiciózus célok megvalósítása.

Az absztrakció szintje, a komplexitás és a tananyagok összeállítása, valamint a tanulók aktuális kognitív fejlettsége közötti szakadék két oldalról is szűkíthető. Egyfelől a tananyagokat a tanulók pszichológiai, fejlődési sajátosságaihoz kell igazítani. Ehhez több információra van szükség a tanulók aktuális fejlettségi szintjéről, és kellenek a tanulást hatékonyabban támogató, egyénre szabott tanítási módszerek is. Másfelől, fel kell gyorsítani a tanulók kognitív fejlődését; gondolkodási szintjüket a tanulási feladat szükségleteihez kellett emelni. A kutatások igazolták, hogy speciális tevékenységekkel és gyakorlatokkal a fejlődés serkenthető, és a természettudomány tanulása számos hatékony lehetőséget kínál a tanulók kognitív fejlődésének felgyorsítására. A tanulók gondolkodási képességeinek rendszeres felmérése mindkét irányból megkönnyítheti ezt a korrekciót (*Glynn, Yeany és Britton, 1991*).

Ebben a fejezetben először áttekintjük a természettudományos oktatáshoz kapcsolódó, kognitív fejlődéssel foglalkozó pszichológiai és oktatáskutatói eredményeket. Ezután összefoglaljuk, hogy milyen gondolkodási folyamatokat lehet elsősorban fejleszteni a természettudományos oktatás keretében. Majd néhány olyan módszer bemutatásával szemléltetjük a lehetőségeket, amelyek felhasználják a természettudományos oktatás eredményeit, és a tanulók gondolkodási folyamatainak hatékonyabb fejlesztésére törekszenek. Végül áttekintjük, hogy ezeket a gondolkodási folyamatokat hogyan lehet az eredményesebb tanulás érdekében felmérni, diagnosztizálni.

Tudományos gondolkodás és kognitív fejlődés iskolai kontextusban

Tudományos gondolkodás és általános gondolkodás

Vajon különleges-e a tudományos gondolkodás? Vagyis egyértelműen különbözik-e a tudományos gondolkodás más területek gondolkodási folyamataitól? Nyilvánvalóan van néhány különleges vonása, de kérdéses, hogy ezek milyen mértékben egyedi megnyilvánulásai az általános emberi információfeldolgozásnak.

Az egyéni tanulást, megismerést gyakran hasonlítják a tudományos felfedezéshez, kutatáshoz. Bár vannak távoli analógiák a tudományos felfedezés logikája és az egyéni gondolkodás között, jelentősek a különbségek is (Howson és Urbach, 1996; Johnson-Laird, 2006). Az egyik legfontosabb különbség az emberi értelem fejlődésének természetéből következik. A gyermekek hosszú fejlődési folyamat során, a környezetből érkező ingerek feldolgozása révén érik el a gondolkodás adott szintjeit. Bár a tudomány is hosszabb fejlődés eredményeként érte el jelenlegi formáját, az a logikai rendszer, amelynek megértését a gyermekektől elvárjuk, kész, stabil szerkezet, míg a rendszer elsajátítására törekvő gyermekek különböző fejlődési stádiumban lehetnek.

Jean Piaget és munkatársai a tudományos gondolkodást kétségkívül az általános intellektuális folyamatok tipikus megnyilvánulásának tekintették. A gyerekek gondolkodásának fejlődését a csecsemőkortól a kamaszkorig vizsgálták, és olyan gyakorlati feladatokat alkalmaztak, amelyek az iskolai természettudományos kísérletekben is szerepelnek. A korai fázisban a tárgyak nagyság szerinti elrendezése szerepelt a feladatok között, a megőrzés (konzerváció) felfedezése, az ok és okozat közötti kapcsolat felderítése, a változók és a valószínűségek kontrollja (pl. Inhelder és Piaget, 1958; Piaget és Inhelder, 1974, 1976). Olyan feladatok ezek, amelyeket a matematikát vagy természettudományi tárgyakat oktató tanárok is szívesen alkalmaznak saját óráikon. A gyerekeknek ezekben a tudományos feladatokban elért teljesítményéből az általános kognitív fejlődéssel kapcsolatos következtetéseket vontak le. Az olyan nem verbális általános intelligenciatesztek, mint a Raven-teszt (Raven, 1960) és a Calvert-teszt (Calvert, 1986) is a vizsgált személyek induktív és deduktív gondolkodási

képességeit méri fel, amelyek szintén alapvető komponensei a tudományos gondolkodásnak.

Összességében elmondható, hogy mindaz, amit a tudományos gondolkodásról megállapíthatunk, nagyrészt kiterjeszthető a gondolkodás általános folyamataira is. Ezt a megfontolást számos empirikusan megalapozott modell is megerősíti. Bár a kognitív fejlődés *Piaget* által adott leírása, a fejlődés általános fázisai eredetileg a gyerekek tudományos kísérletekhez kapcsolódó gondolkodását jellemezték, a konkrét műveletekre vagy az absztrakt gondolkodásra vonatkozó megállapításokat könnyen lehet alkalmazni a tanulás tetszőleges formájára. Továbbá, amint később részletesebben bemutatjuk, a tudományos gondolkodás számos meghatározó komponenséről, például az induktív gondolkodásról azt is kimutatták, hogy olyan távoli területeken is hozzájárul a tanulás sikeréhez, mint az anyanyelv vagy egy második nyelv elsajátítása (*Csapó és Nikolov, 2009*). Ez ugyancsak a tudományos gondolkodás és az általános gondolkodás közeli kapcsolatára utal.

Amellett, hogy elfogadjuk a tudományos és a hétköznapi gondolkodás alapvető hasonlóságára vonatkozó megállapításokat, érdemes rámutatni az esetleges különbségekre is. Tekintsük az általános gondolkodáshoz kapcsolódó képességek következő listáját (*McGuinness, 2005* alapján):

- (1) mintázatok készítése az egész/rész és a hasonlóságok/különbségek elemzésével
- (2) előrejelzés és a következtetések igazolása
- (3) ok-okozati viszonyok kikövetkeztetése
- (4) elképzelések, modellek és lehetőségek megalkotása
- (5) többféle szempont egyidejű alkalmazása
- (6) problémamegoldás és a megoldások értékelése
- (7) érvek és ellenérvek mérlegelése
- (8) döntéshozatal.

Az első három kifejezetten a tudományos gondolkodás lényegéhez tartozik. A negyedik, az elképzelések és modellek megalkotása szintén fontos a tudományban, továbbá más formában a művészeti és az irodalmi alkotásokban is központi szerepet játszik. Az ötödik, a többféle nézőpont szükségességének felismerése fontos lehet a tudományos megismerés határvidékein, ahol látszólag egymásnak ellentmondó modelleket kell integrálni (pl. a hullám-részecske kettősség), de iskolai szinten ez nem annyira a természettudományra, mint inkább a történelemre vagy a társadalom-

tudományokra jellemző, ahol a magas szintű gondolkodásba beletartozik az események többféle különböző szempontú értékelése is. A több szempontú mérlegelésnek érzelmi töltése is lehet (*megértem az ellenfelem álláspontját?*), ez azonban – legalábbis elméletileg – kevésbé gyakori a természettudományos gondolkodásban. Fontos lehet azonban a tanításban: a tárgyalt jelenségekört a tanároknak gyakran a gyermekek szempontjából is látniuk kell, hogy megértsék az ő gondolkodásukat, s azt, hogy vajon miért juthatnak a szakemberekétől eltérő következtetésekre. Az általános gondolkodáshoz kapcsolódó utolsó három képesség elég általános, és a természettudomány határain messze túl is érvényes. Különösen a „problémamegoldás” tűnik egy olyan Jolly Joker-kifejezésnek, ami sokféle tudományos és hétköznapi tevékenységet is felölel. A problémamegoldás a PISA felmérések tematikájába is bekerült (OECD, 2003), egyrészt illusztrálva mérésének fontosságát, másrészt rámutatva arra, hogy olyan további képességeket is magában foglal, amelyeket a természettudományi tesztek nem vagy nem kellő részletességgel fednek le.

A gondolkodás általános és specifikus folyamatai közötti különbségek figyelembevétele arra utal, hogy a gondolkodás fejlesztésében kiemelkedő szerepet játszik a sokoldalú, különböző tartalmakhoz kapcsolt fejlesztő munka. Ha a gondolkodási képességek mindegyike viszonylag független lenne egymástól, akkor mindegyiknek saját jogán kellene fejlődnie. Ekkor elképzelhető lenne egy olyan személy, aki jó eredményt ér el az ok-okozati viszonytal kapcsolatos gondolkodásban, de rosszul teljesít a döntéshozatalban. Az ilyen elkülönülés azonban viszonylag ritka. Sokkal inkább elfogadható, hogy minden egyes gondolkodási képességet az alapjául szolgáló általános intelligencia kifejeződésének tekintünk. Ebben az esetben a gondolkodási képességek bármilyen általunk favorizált alcsoportjának fejlesztése bizonyos mértékig transzferhatást gyakorol az egyébként külön nem fejlesztett képességekre is.

Másutt (*Adey, Csapo, Demetriou, Hautamäki és Shayer, 2007*) már érveltünk amellett, hogy valóban létezik az általános intelligencia, amely az oktatás révén alakítható, és amely így megteremti annak lehetőségét is, hogy az egyes területeken fejlesztett gondolkodási képességek transzferálódjanak más területekre. Ez a modell feltételezi, hogy a képességek hierarchikus rendszerének legfelső szintjén található egy általános processzor, s alatta helyezkednek el a specializált feldolgozó rendszerek csoportjai (*Demetriou, 1993*). Így válik lehetővé, hogy a gondolkodás

különböző területei (mint a kvantitatív-relációs, a térbeli) bizonyos mértékig egymástól függetlenül változhatnak, ugyanakkor egymással kölcsönhatásban is fejlődhetnek. Ennek a modellnek alapvető sajátossága, hogy a specializált rendszerek fejlődését korlátozza, ugyanakkor meg is nyitja az utat az általános intellektuális fejlődéshez és annak végrehajtói kontrolljához (önszabályozás). Ezt a modellt, amely termékeny talajul szolgál a természettudomány oktatási módszereinek megújításához és a tudományos gondolkodás felmérésének megalapozásához, széles körben elvégzett vizsgálatokon alapuló empirikus bizonyítékok támasztják alá.

Tanulás és fejlődés

Iskolai kontextusban fejlődésről és fejlesztésről beszélve szükség van a tanulással való kapcsolat értelmezésére is. A *tanulás* és a *fejlődés* közötti különbséget *Vigotszkij* fejtette ki bővebben. „(*Vigotszkij*) úgy gondolja, hogy a részterületeken folytatott formális oktatás bizonyos általános folyamatokon keresztül kétségkívül hatással van a tudás más területeinek fejlődésére...” (*Tryphon és Vonèche*, 1996. 6. o.). Valóban, a legközelebbi fejlődési zóna egész koncepcióját úgy lehet tekinteni, mint *Vigotszkij* kísérletét a tanulás és a fejlődés viszonyának megmagyarázására.

Bár a két fogalom nem különíthető el élesen, extrém (sztereotip) példákkal mindkettő jellemezhető. Szélsőséges értelemben a *tanulás* tekinthető olyan egyszerű ismeretek elsajátításának, mint a szavak helyesírása vagy a szorzótábla memorizálása, míg a *fejlődés* olyan funkciókhoz kapcsolódik, amelyek az érés során bontakoznak ki, és amelyekre a környezet közvetlenül csak kisebb mértékben vagy egyáltalán nincs hatással. A fejlődés szerves folyamat, melynek minden szakasza az előzőben gyökerezik.

Természetesen, a valós életben ebben a sztereotip értelemben nem léteznek szintiszta példák a tanulásra vagy a fejlődésre – a fejlődés által nem érintett tanulás és a tanulás által nem érintett fejlődés nehezen értelmezhető. Az oktatás terén megfigyelhető félreértésekben gyakran az ilyen sztereotípiákba vetett téves hit rejtőzik. Hit például abban, hogy a kognitív fejlődést vagy az intelligencia kibontakozását kizárólag az idő és az öröklődés szabályozza, vagy abban, hogy a fogalmak elsajátításához csak megfelelő mennyiségű tanulás szükséges, tekintet nélkül azok összetettségére.

Az utóbbi problémát jól illusztrálja egy matematikatanításból vett példa. A magyar tanulók a negyedik évfolyam végére megtanulják a mértékegységek átváltását. Többnyire egészen jól oldanak meg olyan feladatokat, melyekben órát percre, métert milliméterre kell váltani, többnyire az átváltás szabályait memorizálva, és mechanikusan begyakorolva a megfelelő műveleteket. Azután a mértékváltás tanulása véget ér, tovább lépnek a tanterv következő fejezeteire, és kezdik elfelejteni, amit a mértékváltásról tanultak. Másrészt arányossági (proporcionális) gondolkodásuk fejlettsége abban az életkorban még alacsonyabb szinten van, és mivel a mértékváltás tanulására alkalmazott gyakorlatok túl specifikusak, azok alig vannak hatással az arányossági gondolkodás fejlődésére. Később, hetedik évfolyam körül ismét jobb eredményt érnek el a mértékváltásos feladatok megoldásában, mivel az lényegében a proporcionális gondolkodás speciális esete, ami arra az időre már sokkal fejlettebb szintet ér el (Csapó, 2003).

Számos empirikus vizsgálat eredményei tükrözik, hogy a természettudományok tanulása, nagyobb mennyiségű tananyag elsajátítása nem vezet szükségszerűen a tudományos gondolkodás erőteljesebb fejlődéséhez. Például Bao és mtsai. kínai és amerikai egyetemisták fizikatudását és tudományos gondolkodását hasonlították össze. Azt találták, hogy a kínai diákok az alaposabb középiskolai természettudomány-tanításnak tulajdoníthatóan jobb eredményt értek el a fizikateszteken, de a gondolkodásteszteken elért teljesítményük amerikai társaikéhoz volt hasonló (Bao és mtsai., 2009).

A merev szembeállítás helyett sokkal hasznosabb olyan fogalmakként tekinteni a tanulásra és a fejlődésre, mint amelyek egy spektrum két végén helyezkednek el. Az ismeretek egyszerű elsajátítása a *tanulás* oldalon van (de bizonyos mértékig még mindig alárendelve az egyén fejlettségi szintjének), az általános intelligencia fejlődése pedig a *fejlődés* oldalon áll (de még mindig fogékonyan az oktatási ingerekre). Az összetett fogalmak elsajátítása (mint a fotoszintézis, a történelmi események többféle indítóoka) a *tanulás-fejlődés* spektrumban valahol középen helyezkedik el, mivel bonyolultságuk miatt sok éven át tartó tanulás révén alakulnak ki, ugyanakkor elsajátításuknak komoly szélesebb körű fejlesztő hatása is van. A tudományos gondolkodás fejlődése egy másik példája az olyan folyamatnak, amely a központi idegrendszer fejlődésétől, valamint a megfelelő tanulási tapasztalattól is függ. Magas szintű tanulás nem mehet

végbe fejlődés nélkül, és megfelelő kognitív fejlődés nem következhet be megfelelő kognitív stimuláció (tanulási tapasztalat) nélkül.

Ennek a tanulás-fejlődés spektrumnak egyik figyelemre méltó sajátossága, hogy miközben a *tanulástól* a *fejlődés* felé haladunk, a funkciók egyre *általánosabbá* válnak. A *tanulás* oldalon az elsajátított információ specifikussá válik, és a kognitív tevékenységeknek csak szűk körében alkalmazható eredménye lesz. Egy konkrét útvonalon járó autóbusz járat-számának megtanulása nem olyan ismeret, ami más környezetben is alkalmazható. Másrésről az olyan oktatási tapasztalatok, amelyek az általános intelligencia fejlődését stimulálják, várhatóan bármelyik intellektuális területen hatással lesznek a tanulás hatékonyságára is.

A plasztikus általános intelligencia itt jellemzett modellje, vagyis hogy a gondolkodás általános képességei fogékonyak a fejlesztő hatásokra, további következményekkel jár az oktatás egészére nézve is. Arra a kérdésre később még visszatérünk, hogy a természettudományok oktatói hogyan tudják ezt a modellt úgy alkalmazni, hogy tantárgyaiknak szélesebb körű fejlesztő hatása legyen. Előbb azonban érdemes részletesebben megvizsgálni, hogy a természettudomány tanulása révén a tudományos gondolkodás mely formái és elemei fejleszthetők igazán hatékonyan.

A természettudomány tanítása során fejlesztendő gondolkodási folyamatok rendszere

A gondolkodás folyamatait számtalan pszichológiai és neveléstudományi kutatási irányzat vizsgálta és kategorizálta. A különböző megközelítések gyakran eltérő elméleti kereteket, terminológiát és módszereket alkalmaznak.

Az egyik legkorábbi tudományos pszichológiai megközelítést a pszichometriai szemléletet alkalmazta. Ennek középpontjában sokáig az intelligenciakutatás állt (egyéni különbségek pszichológiája, faktoranalitikus modellek). Az e téren végzett kutatások óriási mennyiségű adatot szolgáltatottak az általános kognitív képességek szerkezetével és rendszerével kapcsolatban, és jelentős mértékben hozzájárultak a pedagógiai felmérések fejlődéséhez is (Carroll, 1993).

Piaget és munkatársai a megismerés fejlődési aspektusait hangsúlyozták, és a gondolkodás fejlődését minőségileg eltérő fázisokon keresztül

írták le. *Piaget* munkássága különleges fontosságú a természettudományi oktatás szempontjából, mivel elmélete magyarázatot kínált a gondolkodási sémák eredetére. A modell szerint a külvilág tárgyain végzett műveletek belsővé válnak, interiorizálódnak, így a külső objektumok manipulációja megalapozza a magasabb rendű gondolkodási képességek kialakulását. Munkásságát számtalan neopiaget-iánus kutatás követte, melyek a kognitív fejlődés és a gondolkodás különböző modelljeinek kidolgozásához vezettek (pl.: *Demetriou*, 2004). *Piaget* elmélete és az annak nyomán kibontakozó kutatások különösképpen fontosak a korai természettudomány-tanítás, a megfigyelés útján történő tapasztalatszerzés és a természettudományos kísérletezés megtervezése szempontjából.

A kognitív pszichológia újabb irányzatai az emberi gondolkodást információfeldolgozásként írják le, és különös figyelmet fordítanak azokra a különbségekre, amelyek adott területtel ismerkedő kezdők és a szakértők tudásának szerveződésében megfigyelhetők. Ez a megközelítés hasznos modelleket kínál az egyes szakmai ismeretek elsajátításának, a szakértelem kialakulásának leírására, a fejlődési és gondolkodási folyamatok értelmezésére azonban kevésbé alkalmas. A legújabb kognitív idegtudományi kutatások a gondolkodást egy további aspektusból tanulmányozzák. Eredményeiket egyelőre nem lehet közvetlenül alkalmazni a gondolkodás fejlesztésében. Mindamelllett általános felismeréseik igen fontosak az oktatás számára, mivel megerősítik az agy rendkívüli plaszticitásával kapcsolatos elgondolásokat, és az általános képességek fejleszthetőségére vonatkozó, más úton nyert eredményeket, továbbá felhívják a figyelmet a kora gyermekkori tanulás jelentőségére (*Adey, Csapó, Demetriou, Hautamäki, és Shayer*, 2007).

A tudományos gondolkodás felmérésének elméleti kereteit kidolgozó munka során mindezekből a kutatási tradíciókból meríthetünk. Figyelembe véve azonban a fejlődési aspektusokat, a felmérni kívánt csoportok életkorát és a mérések diagnosztikus orientációját, a *Piaget* munkái nyomán kibontakozó tradíciók kínálják a leghasznosabb forrásokat.

Számos módja van annak, ahogyan az a torta, amit *gondolkodásnak* nevezünk, felszeletelhető. Ebben a részben először megvizsgálunk néhány, a gondolkodásról való gondolkodást tükröző metastratégiát. Ezt követően áttekintjük a gondolkodás fontosabb általános formáit, majd néhány dichotómiát. Végül egy sor gondolkodási mintázatot mutatunk be, amelyek különösen fontos szerepet játszanak a természettudomány tanulásában.

Metastratégiák és általános gondolkodási folyamatok

Az emberi gondolkodás a gyakorlatban soha nem egyszerű mechanikus kognitív folyamat, mindig befolyásolja az aktuális helyzet és környezet, továbbá a gondolkodó egyén általános pszichológiai állapota. Még a tudományos gondolkodást is árnyalhatják olyan nemkognitív tényezők, legalábbis az általános gondolkodási folyamatok szintjén, mint például a motiváció, az érdeklődés és a kíváncsiság. A természettudományhoz kapcsolódó attitűdök formálása, értékek fejlesztése a természettudományos nevelés legfontosabb céljai közé tartozik, miként a természettudományos tudás érvényességével kapcsolatos meggyőződések és a tanulók saját tudásának státusára vonatkozó elgondolások (személyes episztemológiák) alakítása is. Ebben a fejezetben nem foglalkozunk részletesen a természettudományok tanulása során felmerülő affektív kérdésekkel, azonban a gondolkodás egyes formáinak részletes jellemzését elkezdve meg kell említenünk a kognitív és affektív folyamatok interferenciájának lehetőségét. Az itt tárgyalandó általános gondolkodási folyamatok közül affektív töltése lehet az önszabályozásnak, az érvelésnek és a kritikai gondolkodásnak is.

A metastratégiák az emberek saját gondolkodási folyamatainak irányítására vonatkozó stratégiák. Ezek szabályozhatják a gondolkodási folyamat egészét, ideértve a figyelem tudatos kontrollját, valamint a gondolkodás speciális típusai közül az egyik vagy másik alkalmazásának megválasztását. Számtalan kutatási irány foglalkozik a metastratégiák kérdéseivel. A metakogníció az egyik legáltalánosabb fogalom; a tudományos gondolkodásban is fontos szerepet játszik, és nem kisebb a jelentősége az olvasásértésben és a matematikai problémák megoldásában (Csikos, 2007). A metastratégiák alapvető fontosságúak a természettudomány tanulásában, különösen a komplex tudományos fogalmak és elméletek megértésében, elsajátításában.

Van néhány általános gondolkodási folyamat, amely jellemző az adott kontextusra vagy szituációra. Ilyenek az érvelés és a kritikai gondolkodás. Érdekes itt ezeket is röviden értelmezni.

Tárolás és előhívás

Az emlékezés folyamatainak ismerete, amit metamemóriának is neveznek, szoros kapcsolatban áll az önszabályozással, annak is az önreflektív

mechanizmusaival, azonban annál specifikusabb is, mivel csak az információk hatékony megjegyzésére irányul. Ezek a képességek segítik elő, hogy a tanuló az információt a hosszú távú memóriájában elhelyezze, és onnan szükség esetén előhívja. A hatékony bevitelhez az információk megfelelő szervezésére van szükség, mivel az emberi memória hatékonyabban tárolja az összefüggő információkat, mint a független információ-elemeket. A fejlett metamemóriaképességekkel rendelkező tanulók meg tudják különböztetni a jól szervezett tananyagot – amely esetében a megértés és elemző feldolgozás értelemgazdag fogalmi tanuláshoz vezet – a strukturálatlan információhalmaztól, amelynek elsajátítására eredményesebb stratégia a mesterséges szerkezethez kapcsolás. A hatékony emlékezés mechanizmusait már az ógörög filozófusok is tanulmányozták, az ókori római szónokok pedig speciális technikákkal (*mnemotechnikának* is nevezik) fejlesztették tovább.

Önszabályozás

Az önszabályozó tanulás kialakulása révén a tanuló saját tanulási folyamatainak irányítójává, lényegében saját tanárává válhat. A hatékony önszabályozás teszi lehetővé, hogy a tanulók a probléma releváns részeivel foglalkozzanak, saját gondolkodásukat elemezzék, a gondolkodási útvonalakat megválasszák, a tanulási folyamatot megtervezzék, majd a kivitelezést monitorozzák. Az önszabályozás segít a hibákat felismerni és a zsákutcákat kiküszöbölni. Az önszabályozásnak motivációs és egyéb érzelmi aspektusai is vannak (Molnár, 2002).

Érvelés (párbeszédes)

A párbeszédes érvelés (argumentáció) az állítások közötti ellentmondásokat és nézetkülönbségeket azonosítja. Az állításokkal összekapcsolja a támogató és a cáfoló bizonyítékokat. Mérlegel minden bizonyítékot „az egymással szembenálló nézetek relatív súlyát integráló értékelésében” (Kuhn, 1992, 157. o.). Az érvelésnek fontos szerepe van a tudomány fejlődésében. Tudományos viták lefolytatása segít a hibák megtalálásában és kiküszöbölésében, például ha a bizonyítékok láncolata nem illeszkedik szigorú logikai rendbe, vagy az eredmények nem támasztják alá a következtetéseket. A tanulók közötti vita fejleszti az állítások logikus rendbe szervezésének képességét, segíthet a téves elgondolások kiküszöbölésében. Amint Osborne (2010) rámutatott, az érvelés fontos szerepet kap a kuta-

tási eredmények közzétételében és elfogadtatásában, ugyanakkor az érvelésben rejlő lehetőségek a természettudományos nevelésben nagyrészt kihasználatlanok.

Kritikai gondolkodás

A kritikai gondolkodás az oktatási és iskolán kívüli kontextusban is a leggyakrabban említett gondolkodási formák közé tartozik, és nagyon gyakran szerepel a fejlesztendőként megjelölt területek között is. Az utóbbi évtizedekben elsősorban az információrobbanás irányította rá a figyelmet a kritikai gondolkodás fejlesztésének fontosságára. Mind nagyobb szükség van az óriási mennyiségben egyszerűen elérhető információk hitelességének, megbízhatóságának ellenőrzésére. Ugyanakkor a kritikai gondolkodás meghatározásai többnyire nagyon általánosak, kevésbé operacionalizálhatóak. A kritikai gondolkodás lényegének általában a bizonyítékok, érvek összegyűjtését, kritikai értékelését és a döntések megalapozását tekintik.

A legtöbb értelmezés a kritikai gondolkodást különböző részképességek halmazaként írja le, a részképességek hosszú listáján gyakran a gondolkodás szinte minden fontos területe szerepel. A fejlett kritikai gondolkodással rendelkező egyén leggyakrabban említett tulajdonságai közé tartozik a nyitottság, az információforrások hitelességének ellenőrzésére való törekvés, a következtetések megalapozottságának ellenőrzésére irányuló igény, az érvek minőségének mérlegelése, a megfelelő kérdések megfogalmazásának képessége (Norris és Ennis, 1989; Ennis, 1995).

Ha azt keressük, mi jelenti a kritikai gondolkodás valódi többletét az összetevőiként felsoroltakhoz képest, akkor minden bizonnyal a gondolkodás folyamatának sajátos célra irányuló egybeszervezéséhez jutunk. A kritikai gondolkodás folyamata mögött többnyire határozott kritikai attitűd áll, melynek lényege az adott információk, állítások, modellek, következtetési folyamatok stb. megkérdőjelezése. A kritikus beállítódás által mozgósított gondolkodási folyamatoknak fontos szerepe van a tudományos eredmények értékelésében, a hibaforrások kiszűrésében. Kritikai elemzések készítése a tudományos kutatók rendszeres tevékenységei közé tartozik. A természettudomány tanítása hatékony gyakorló terepet kínál a kritikai gondolkodás fejlesztésére, mivel az érvek és ellenérvek hitelessége, bizonyítottsága objektív kritériumok alapján mérlegelhető.

Dichotómiák

A gondolkodás néhány formáját tulajdonságpárokkal lehet jellemezni. A következőkben felsorolt párok közül csak néhánynál merülhet fel a kérdés, hogy vajon az egyik „jobb-e”, mint a másik. A konkrét-absztrakt esetét kivéve a legmagasabb szintű gondolkodás a két típus integrációját foglalja magában, vagy pedig az adott helyzettől függ, melyik alkalmazható eredményesebben.

Kvantitatív – kvalitatív

A kvantitatív gondolkodást az olyan helyzetek jellemzik, ahol a tanulónak az adott probléma megoldásához a mennyiségekkel és a számtani műveletekkel kapcsolatos eszközöket és eljárásokat kell alkalmaznia. A kvalitatív gondolkodás inkább a változók természetére, valamint az összehasonlítás-hoz és a prioritások meghatározásához szükséges döntésekre összpontosít. A legösszetettebb problémák megoldásához mind a kvantitatív, mind a kvalitatív gondolkodásra szükség van.

Konkrét – absztrakt

A konkrét gondolkodás kizárólag az aktuális tárgyakra, szavakra vagy számokra, valamint a közöttük fennálló egyszerű összefüggésekre korlátozódik. Ilyenek az egyedi esetekhez, konkrét szituációkhoz köthető egyszerű matematikai műveletek, osztályozások és az egyszerű okozati összefüggések. Az absztrakt gondolkodás a tényezők képzeletbeli manipulációját teszi lehetővé. Elméleti modellek megalkotása, komplex összefüggések megértése nem lehetséges megfelelő absztrakció nélkül, miként több egymással kölcsönhatásban álló ok és hatás kapcsolatának értelmezéséhez is absztrakcióra van szükség. E fogalompár esetében nem érvényes a két tag egyenértékűsége, mivel az absztrakt gondolkodás erőteljesebb, mint a konkrét. Az absztrakciónak különböző szintjei lehetnek, az absztrakt konstrukciókból további absztrakcióval újabb absztrakt konstrukciókat lehet létrehozni. A természettudomány különösen alkalmas terepet kínál az absztrakciós képességek fejlesztésére, a konkrét-absztrakt kapcsolat magalapozására és az absztrakciós szintek közötti átjárás bemutatására.

Konvergens – divergens

A konvergens gondolkodást olyan típusú problémáknál fordul elő, amelyeknek egy helyes megoldása van, a gondolkodás ennek az egyetlen helyes megoldásnak a megtalálásához tervezett lépéseken keresztül halad előre. Különböző kiindulási helyzetekből indulhat, de a megoldás mindig egy adott eredmény felé tart. Az ilyen lépések közé tartozhat a nem lényeges változók kiküszöbölése, a többi változó kombinálása, az adatok csoportosítása és a megoldáshoz szükséges műveletek elvégzése. Ilyen gondolkodást igényel például az egyszerű fizikafeladatok megoldása. Ezzel ellentétben a divergens gondolkodás csapongó, számtalan megoldást talál, ezért különösen az olyan problémák esetében hatékony, amelyeknek nem csak egyetlen megoldása lehetséges. A divergens gondolkodás a kreativitás egyik legfontosabb komponense, olyan folyamat, amely „letér a kitaposott ösvényről”. A komplex, újszerű problémák esetében a konvergens és a divergens gondolkodásra a megoldás különböző fázisaiban egyaránt szükség lehet. A konvergens gondolkodás gyakran valamilyen feltételrendszer által jellemzett pontból indul ki, és onnan tart a különböző irányokba. Ilyen gondolkodásra van szükség például egy épület megtervezése során, amikor a megadott műszaki és gazdasági paraméterek adják a kiindulási pontot, és a lehetőségeken belül számtalan konkrét tervet lehet készíteni. A természettudományban a felfedező kutatások, bonyolultabb kísérletek megtervezése igényli a divergens gondolkodást.

Holisztikus – analitikus

A holisztikus-analitikus dichotómia a probléma megoldásával vagy az információk megjelenítésével és feldolgozásával kapcsolatos alapvető irányultságot jellemzi, amelyet kognitív stílusnak is neveznek (Davies és Graff, 2006). Az analitikus gondolkodás azokra a helyzetekre jellemző, melyekben a formális logikából származó elveket kell alkalmazni a problémák egyes részleteinek megoldásában. Ilyen például a szükséges és elégséges feltételek mérlegelése vagy az oksági viszonyok elemzése. A holisztikus gondolkodás célja a szituáció áttekintése a maga komplexitásában, a „teljes képre” alapozott konklúzió kialakítása, amikor a részletek kevesebb figyelmet kapnak. Ezzel szemben az analitikus megközelítés a részletekre fókuszál, és apránként vezet el a probléma megoldásához. Az egyoldalún alkalmazott holisztikus gondolkodás fontos részletek figyelmen kívül hagyásához vezethet, míg a túlzottan analitikus gondolkodás a meg-

oldás részleteinek koherens válasszá integrálásának hiánya miatt okozhat kudarcot. A problémamegoldás megfelelő fázisaiban mindkét gondolkodástípus fontos lehet.

Deduktív-induktív gondolkodás

A dedukció folyamata az általánostól a specifikus felé tartó gondolkodás, a premisszáktól a logikailag érvényes konklúzióig vezető folyamat. Leggyakoribb formája a kétváltozós nyelvi-logikai műveletek alkalmazása (például az implikáció értelmezése, a „ha P, akkor Q” típusú állítások); a szillogisztikus következtetésekre épülő (annak a mérlegelése, hogy a konklúzió szükségszerűen következik-e az igaznak tekintett premisszákból), vagy még általánosabban a propozicionális (a kijelentésekkel műveleteket végző, az összetett kijelentések igazságtartalmát értékelő) gondolkodás. A deduktív gondolkodás szigorú szabályokra épül, igaz premisszákból helyes következtetési formákat alkalmazva szükségszerűen vezet igaz eredményre. Ugyanakkor a deduktív következtetés önmagában nem hoz létre alapvetően új tudást, eredménye csak azt a tudást fejti ki más formában, ami már a premisszában is benne rejtett. A természettudományos kutatásban a következtetések szigorú láncot alkotnak, a dedukció szabályainak megsértése téves eredményekre vezet. Ahogy *Piaget* vizsgálatai megmutatták, a gyermekek csak hosszabb fejlődési folyamat végén jutnak el a formális logika teljes rendszerének alkalmazásához (hozzátehetjük: ha egyáltalán eljutnak), ezért a természettudomány tanulása során megjelenő deduktív következtetések értelmi feldolgozásához korlátozott logikai eszközökkel rendelkeznek. (A természettudomány tanulásában releváns deduktív folyamatokkal kapcsolatban lásd *Vidákovich*, 1998).

Az indukció folyamata a meghatározott tényekből vagy egyedi esetekből kiindulva általános konklúzió felé vezető gondolkodás. Egyedi esetekben megjelenő szabályosságok meglátásából általános szabály vagy értelmező modell megalkotása. Az ismert egyedi esetek alapján megalkotott általános szabály érvényességét csak az ismert adatokra lehet igazolni, így az indukció révén nyert szabály igazságát általánosan nem lehet bizonyítani. Klasszikus értelemben a tudomány az indukciós és dedukciós fázisok sorozatán át halad előre, bár ez a meglehetősen idealizált kép mellőzi a véletlen felfedezések szerepét, az intuitív, kreatív kiugrásokat és zsákutcákat, melyek oly gyakran előfordulnak a valódi tudományos munkában. Mivel a pozitív példák akkumulációja nem bizonyítja az in-

dukció révén nyert teória igazát, *Popper* az indukció filozófiai értelmezésére kifinomultabb elméletet javasolt, ami a falszifikáció (megcáfolás) fogalmán alapul (*Popper*, 1972). Ennek szellemében egy elmélet érvényességét nem a vele összhangban álló példák halmozása erősíti, hanem az, ha kitartó keresés ellenére sem sikerül azokat megcáfoló tényeket találni. Az induktív gondolkodás pszichológiai folyamatai fontos szerepet játszanak a természettudomány tananyagának megértésében és a tudás új kontextusban való alkalmazásában (*Csapó*, 1997, 2001a). Fejleszthetőségét számos kísérlet bizonyította (*Hamers*, de *Koning* és *Sijtsma*, 1998; *Sanz de Acedo Lizarraga*, *Sanz de Acedo Baquedano* és *Oliver*, 2010; *Molnár*, 2011).

Gondolkodási mintázatok, műveletek, képességek

Ebben a részben azokat a specifikus gondolkodási mintázatokat, „szkémákat”, tekintjük át, amelyek különösen jellemzőek a tudományos gondolkodásra. Megnevezésükre különböző terminusokat alkalmaznak, csak a leggyakoribbakat említve: mintázatok, sémák, szkémák, műveletek, készségek és képességek. Megjegyezzük, hogy különböző kontextusban más-más terminusok lehetnek alkalmasabbak, a következőkben legáltalánosabb megnevezésként a *gondolkodási képességek* kifejezést fogjuk használni.

Az itt áttekintett gondolkodási képességek különböznek abban, hogy milyen intellektuális kapacitást igényelnek. A következőkben hozzávetőlegesen a nehézségük szerint rendezzük sorba őket. Mivel ezek a képességek valójában az általános kognitív fejlődés keretében alakulnak ki, a direkt tanítás önmagában kevésbé támogatja elsajátításukat. A tanulónak a megfelelő stimulációkra adott válaszai rendeződnek olyan tevékenységekké, melyek eredményeként felépülnek, kifejlődnek a megfelelő gondolkodási képességek.

Piaget és munkatársai tudományos jelenségekhez kapcsolódó egyszerű feladatokat adtak a gyermekeknek, és e tevékenységük megfigyelésével tanulmányozták ezeknek a gondolkodási műveleteknek a fejlődését (lásd *Inhelder* és *Piaget*, 1958; *Piaget* és *Inhelder*, 1974, 1976). A kísérleti terep ilyen megválasztása már előrevetítette, hogy a természettudományok tanulása kitűnő alkalmat kínál a gondolkodási képességek fejlődését stimulumáló tevékenységekre is. Más kutatók az értelmi fejlődés vizsgálatára

teszteket használtak. Magyarországon különböző projektek keretében papír-ceruza tesztek alkalmazásával került sor némelyik *Piaget* által is tanulmányozott művelleti képesség felmérésére (*Csapó, 2003*).

Konzerváció (megmaradás)

Felnőtt számára többnyire természetes, hogy egy mennyiség (anyag-mennyiség, szám stb.) ugyanaz marad, ha nem adnak hozzá vagy nem vesznek el belőle. Valójában azonban a konzerváció is fejlődési folyamat eredménye, és a korai fejlődési szakaszban a gyermekek számára egyáltalán nem természetes, hogy egyes, lényegtelen körülmények megváltozása ellenére (például a folyadékot egy más alakú pohárba átöntve) bizonyos mennyiségek (az átöntött folyadék mennyisége) változatlanok maradnak. A számok megőrzése (két ugyanolyan gyöngysorban akkor is ugyanannyi gyöngy van, ha az egyiket megnyújtjuk) a megőrzés legegyszerűbb formája, míg annak felismerése, hogy egy szilárd tárgy vele megegyező térfogatú folyadékot szorít ki, sokkal komolyabb feladat.

Sorképzés

A sorképzés egyszerűbb esetben dolgok sorrendbe rakását jelenti egyetlen tulajdonságuk alapján, a tulajdonság növekvő vagy csökkenő értéke szerint. Bonyolultabb esetben több tulajdonság játszik szerepet. A soralkotáshoz arra is szükség van, hogy egy adott jelenséget interpretáljunk a hasonló jelenségek sorozatán belül abból a célból, hogy valamilyen elfogadható jelentést adjunk neki. Például pálcikákat sorrendbe rakhatunk hosszúságuk szerint, vagy ingereket rendezhetünk egy kvantitatív dimenzió szerint (*Inhelder és Piaget, 1958; Nagy, 1987*). A sorképzés kialakulása elengedhetetlen előfeltétele a bonyolultabb rendszerezési feladatok megoldásának, például egy kísérletben a különböző összeállítások kipróbálásának.

A sorképzés lényegében relációkkal való foglalkozást jelent. A relációk egyik leggyakrabban értékelendő jellemzője a tranzitivitás. A tranzitivitás megértése lehetővé teszi két vagy több reláció kombinálását, ami újabb vagy általánosabb relációk felismeréséhez vezet (*Glenda, 1996*). A tudományos gondolkodás ugyancsak gyakran igényli különböző relációk kezelését.

Osztályozás

Az osztályozás tárgyak vagy fogalmak besorolása csoportba aszerint, hogy rendelkeznek-e a csoport jellemzőivel. Az osztályozás legegyszerűbb formájában csak olyan dolgok csoportosítását igényli, amelyeknek egy változója két értéket vehet fel. (Dichotóm osztályozás, például a következő feladat: „Csoportosítsd ezeket a kék és piros négyzeteket úgy, hogy mindkét csoportban ugyanolyanok legyenek.”) Ahogyan a változók és értékek száma nő, úgy lesz egyre nehezebb a feladat. További nehézséget jelenthetnek az üres kategóriák, a kategóriák beágyazódásai (két kategória, amelyben az egyik kategória minden tagja a másikba is tartozik) és a kétirányú osztályozás („az oroszok emlékszik, a gerincesek közül, az állatokon belül, de egyben húsevők is”). Komplex struktúrák esetében többszörös osztályozásra és hierarchikus osztályozásra is szükség lehet (*Inhelder és Piaget*, 1958; *Nagy*, 1987).

Kombinatív gondolkodás

A kombinatív gondolkodás az a folyamat, melynek során megadott elemekből a feltételek által meghatározott összeállításokat kell létrehozni. Az elemek lehetnek explicit formában megadottak vagy a helyzet által megszabottak, hasonlóképpen a feltételek is lehetnek nyilvánvalók, esetleg azonban a szituációból kell kikövetkeztetni őket. Kombinatív gondolkodásra olyan helyzetekben van szükség, amelyekben a tanulónak számos tényezőt és azok sokféle kapcsolatát kell megvizsgálnia. Fontosra kell vennie az összes lehetséges összeállítást, egyenként értékelnie kell, hogy azok megfelelnek-e a feltételeknek vagy valamilyen objektív korlátnak. Gyakran szükséges az elméletileg lehetséges és a gyakorlatilag megvalósítható esetek megkülönböztetése is. Ha a feltételek és a korlátozások nagyszámú összeállítást tesznek lehetővé, az összes összeállítást csak akkor lehet létrehozni, ha felsorolásukra valamilyen rendszer szerint kerül sor (A kombinatív műveletek taxonómiáját illetően lásd *Csapó*, 1988; fejlődési adatokra vonatkozóan *Csapó*, 2001b; *Nagy*, 2004).

Kísérletek megtervezésekor gyakran szükséges a feltételek vagy a változók értékei kombinációjának szisztematikusan létrehozása (*Inhelder és Piaget*, 1958; *Kishta*, 1979, *Schröder*, *Bödeker*, *Edelstein* és *Teo*, 2000). A fizikai és kémiai kísérletek sokféle alkalmat teremtenek a kombinatív gondolkodás fejlesztésére, megadott feltételeknek megfelelő összeállítások létrehozására, a különböző esetek szisztematikus vizsgálá-

tára. (A kombinatív képesség fejleszthetőségével kapcsolatban lásd még Csapó, 2003.)

Analogikus gondolkodás

Az analógiás gondolkodás alkalmazására akkor kerülhet sor, amikor a tanulónak olyan problémát kell megoldania, amelyhez hasonlóan korábban már megoldott. Az analógiás gondolkodás egyedi jelenségek között teremt kapcsolatot, több egyedi jelenség közötti analógiák, szabályosságok felismerése elvezet az induktív gondolkodáshoz (Pólya, 1988). Az analógiának két oldala van, egy már ismert helyzet (vagy jelenség) és az adott új, ismeretlen helyzet. Ezek között kell a hasonlóságokat felismerni, és az ismert jelenségről rendelkezésre álló tudást kell az új helyzetre átvinni. Az analógiás gondolkodás alkalmazása az új összefüggések felismerésének és megértésének egyik leggyakoribb mechanizmusa. (Például a mechanikus rezgések alapján lehet megérteni az elektromos rezgéseket.) Az analógiás gondolkodásra épülő modellezés segíthet a közvetlen érzékeléssel nem megfigyelhető jelenségek megértésében is. (Például az áramkörben folyó áramot lehet vízfolyással modellezni.) Az analógiás gondolkodás a tudástranszfer egyik fontos mechanizmusa, így fejlettsége meghatározza a megszerzett tudás alkalmazhatóságát is (Klauer, 1989a). A természettudományok tanulása számtalan lehetőséget kínál az analógikus gondolkodás fejlesztésére (Nagy, 2006).

Arányossági gondolkodás

Az arányossági (*proporcionális*) gondolkodás lényege két mennyiség együttes változása: ahányszorosára változik az egyik mennyiség, ugyanannyiszorosára változik a másik mennyiség is. Az arányos (lineáris) összefüggések a hétköznapi életben tapasztalt és a természettudomány tanulása során elemzett leggyakoribb összefüggések közé tartoznak. Ennek ellenére az arányossági gondolkodás kialakulása hosszú folyamat. Az arányossági gondolkodás viszonylagos bonyolultságát az adja, hogy változások többszöri összehasonlítását és az annak eredményeként nyert információk tárolását és feldolgozását igényli. Az együttváltozás lehet nemlineáris (pl. exponenciális) is; az ilyen összefüggések lineárisnak tekintése túlzó leegyszerűsítést vagy súlyos gondolkodási hibát eredményezhet. Az arányossági gondolkodás kialakulása szorosan összefügg a gondolkodás már területeivel (Schröder, Bödeker, Edelstein és Teo, 2000), és a kü-

lönféle összetettebb, analogikus és induktív gondolkodási folyamatokban is szerepet játszik (Csapó, 1997). A legtöbb alapvető tudományos fogalom (például sebesség, impulzus, belső energia) megértéséhez is szükséges az arányok megfelelő kezelése. Az iskolában tanult természettudományos tananyag megértésének egyik akadálya az, hogy a tanulók még nem rendelkeznek kellően fejlett arányossági gondolkodással (Kishta, 1979). Ugyanakkor az újabb kutatások igazolták, hogy bár az arányossági gondolkodás hosszú időn át fejlődik (Boyer, Levine és Huttenlocher, 2008), stimuláló tanítással a folyamat befolyásolható, gyorsítható (Jitendra és mtsai., 2009).

Extrapolálás

Az extrapolálás képessége révén tudnak a tanulók adott területen összegyűjtött adatokból azok mintázata alapján egy közvetlenül meg nem figyelt területre következtetni. Az extrapolálás szorosan kapcsolódik az analogikus és induktív gondolkodáshoz, amennyiben az megfigyelések szabályszerűségeinek felismerése és új területekre való alkalmazása.

Egyszerűbb esetben az extrapoláció a felismert szabályok, összefüggések kiterjesztése a mérési vagy megfigyelési tartományon túlra. Bonyolultabb esetben az extrapoláció komplex szabályok kiterjesztését jelenti azon túlra, ahonnan a szabályok származnak. Az extrapoláció érvényessége általában közvetlenül nem bizonyítható, és mindig fennáll a hibás extrapoláció lehetősége. A hiba elkövetésének valószínűsége nő a kiindulópont és az extrapoláció területe közötti távolsággal. A természettudományos kísérletek eredményeinek általánosítása általában az extrapolációt igényli, így a kísérletek alkalmasak az extrapoláció lehetőségeinek és korlátjainak bemutatására, a helyes extrapolációz szükséges készségek fejlesztésére.

Valószínűségi gondolkodás

A legtöbb tudományosan vizsgált jelenség, miként a hétköznapi élet sok eseménye is, valószínűségi természetű. Mindig van bizonyos valószínűsége annak, hogy adott napon esik, hogy egy adott csapat megnyer egy mérkőzést, vagy hogy emelkedik az adott fizetőeszköz árfolyama. Ezeknek az eseményeknek a megértéséhez és kockázataik becsléséhez a valószínűségi gondolkodás szükséges. A valószínűségi következtetés a múltbeli eseményekre és a jövőbeli események feltételezett (vagy kiszámított) valószínűségére alapozódik. Erre támaszkodik a kockázatelemzés is, és

egy vagy több ellenpélda bekövetkezése nem ássa alá a megállapított valószínűségi összefüggés hitelességét. A valószínűségi gondolkodás fejlődését *Piaget* jobbra egyszerű tudományos kísérletekkel kapcsolatban vizsgálta (*Piaget és Inhelder, 1975; Girotto és Gonzalez, 2008*).

Korrelatív gondolkodás

A korrelatív gondolkodás bizonyos valószínűséggel előálló események közötti összefüggések kezelésére, értelmezésére szolgál. Két tulajdonság vagy változó közötti kapcsolat csak bizonyos számú esetben fordul elő. Ezeknek az előfordulásoknak az arányától függően az asszociáció erőssége különböző lehet. A korrelációs kapcsolatok felismeréséhez az asszociációt erősítő és gyengítő esetek megfigyelése, valamint ezek arányának becslése szükséges (*Kuhn, Phelps és Walters, 1985; Schröder, Bödeker, Edelstein és Teo, 2000*). Mivel a korrelatív gondolkodás ellentmondó információk megfigyelését, összegyűjtését és feldolgozását igényli, tökéletes elsajátítása ritkán fordul elő, és az elkövetett hibák megalapozatlan döntésekhez vezethetnek (*Bán, 1998*). A kutatások szerint a korrelatív gondolkodás lassan fejlődik (*Lawson, 1982; Koerber, Sodian, Thoermer és Nett, 2005*), de rendszeres fejlesztő munkával, különösen a természettudomány tananyag felhasználása révén jelentős eredmények érhetők el (*Lawson, Adi, és Karplus, 1979; Ross és Cousins, 1993*).

Változók elkülönítése és kontrollja

A változók elkülönítése és kontrollja komplex gondolkodási séma vagy stratégia, amelybe különféle, egyszerűbb gondolkodási sémák is beletartoznak. A változók kontrollja hosszú fejlődési folyamat eredményeként alakul ki, és a formális gondolkodási fázisban érhető el. A fejlődés korai szakaszában a gyerekek megtanulják azonosítani és egymástól elkülöníteni egy rendszer kulcselemeit (pl. a golyót és a felfüggesztő zsinórt egy ingában), változókat rendelnek hozzájuk (például súly és hossz), és megkülönböztetik a változók értékeit (pl. rövid, hosszú; könnyű, nehéz). A változók közötti kapcsolat megvizsgálásához, függőségi viszonyaik meghatározásához a változók szisztematikus manipulálása szükséges. Meg kell figyelni ugyanis, hogy adott változó értékének megváltozása hogyan hat a többi változóra. A változók kontrollja alapvetően fontos a tudományos kísérletek megtervezésében, a megfigyelések eredményeinek rendszerezésében és interpretálásában.

Kognitív fejlesztés a természettudományos oktatás keretében

Az előző részben részletesen jellemeztük a természettudomány tanulásában fontos szerepet játszó gondolkodási képességeket, és azt is bemutattuk, hogy a tudományos gondolkodás és az általános gondolkodási képességek szoros kapcsolatban állnak egymással. A továbbiakban arra a kérdésre keressük a választ, hogy milyen mechanizmusokkal lehet stimulálni a tanulók tudományos gondolkodásának fejlődését, és ezáltal segíteni a gondolkodásuk általános fejlődését is.

Mint az előzőekben már tisztáztuk, az általános intelligenciát a képességek olyan rendszerének tekintjük, amelynek alkotóelemei megfelelően stimuláló oktatással jelentősen megváltoztathatók. A korábban bemutatott tanulás-fejlődés spektrumban a gondolkodás a fejlődés végéhez esik közelebb. Más szavakkal inkább fejlődési kérdésekről van szó, ami általánosabb megközelítést igényel, mint az egyszerű tanulás. Nem várhatjuk, hogy a tudományos gondolkodás (például az előző részben leírt gondolkodási képességek) a szokásos oktatási módszerekkel közvetlenül tanítható legyen. Bármilyen kísérlet a szkéma szabálykészletként történő „megtanítására” kudarcra van ítélve. A tanuló memorizálhatja a szabályokat, de nem tudja befogadni, magáévá tenni azokat abban az értelemben, hogy a konkrétan megtanult eseteken túl is alkalmazni tudná, és így a szabályok tágabb felhasználásánál hamar összezavarodik. A tudományos gondolkodás fejlődése, ahogy bármilyen gondolkodás fejlődése is, szükségszerűen lassú, szerves folyamat, amelynek során fokozatosan kialakulnak összefüggő, egymásra épülő képességek. E folyamatban a rendszeres, jól strukturált tevékenységek révén a tanulók maguk építik fel gondolkodásukat.

A fejlesztés általános elveit *A kognitív fejlődés meggyorsítása a természettudományos nevelésen keresztül* (*Cognitive Acceleration through Science Education – CASE*) szemléletmódját felhasználva mutatjuk be, majd annak felvázolásával zárjuk ezt a részt, hogy hogyan alkalmaznak hasonló elveket a gondolkodás tanítását célzó egyéb sikeres programban. A CASE-t azért választottuk elsődleges példának, mert már több mint 20 éve széles körben alkalmazzák, alapvetően a természettudomány-tanítás kontextusában alakult ki, és az ellenőrzött kísérletek eredményei sokszorosán igazolták hatékonyságát (Adey, Robertson és Venville, 2002; Adey és Shayer, 1993, 1994; Shayer, 1999; Shayer és Adey, 2002).

A CASE pedagógiáját *Jean Piaget* (1896–1980) és *Lev Vigotszkij* (1896–1934) fejlődépszichológiája alapozta meg. Bár a két pszichológus élete során fontos kérdésekben vitázott egymással (például abban, hogy a nyelv elsődleges-e a fejlődést megelőzve, vagy a fejlődés elsősleges a nyelv előtt), sok kérdésben egyetértettek, nevezetesen:

- (1) a környezetnek a kognitív fejlődésre gyakorolt hatásában;
- (2) a társadalmi és a fizikai környezet legalábbis egyenlő mértékű fontosságában;
- (3) annak a fejlődési jelentőségében, hogy a gyermekek saját gondolkodási folyamataik tudatára ébrednek, ahogy önmagukat gondolkodóként tekintik.

Ez a három elv az alapja annak, amit mi a kognitív akceleráció „pillérei-nek” nevezünk.

Elsőként az ösztönző környezet jelentőségét említjük. A természettudományi órákon olyan környezetet kell teremteni, amely kihívást jelent a tanuló számára. A stimuláló környezet olyan feladatokkal szembesíti a tanulókat, amelyek túlmutatnak aktuális képességeiken, és amelynek a leküzdése intellektuális erőfeszítést igényel. *Piaget* elmélete alapján ezt *kognitív konfliktusnak* nevezzük: a tanuló aktuális fejlettségi szintjén, meglevő tudása alapján nem tudja az új tapasztalatokat értelmezni, az új befogadása érdekében előre kell lépnie. *Vigotszkij* szerint pedig a *legközelebbi fejlődési zónában* (*Zone of Proximal Development – ZPD*) végzett tevékenységről van szó. A zóna alsó szintje az, amire a gyerek segítség nélkül is képes, a felső pedig az, amit a tanár vagy egy tehetségesebb társa segítségével elérhet. A tanulás, az optimális tapasztalatszerzés e zónában van. *Vigotszkij* szerint csak az a megfelelő, fejlesztő hatású tanulás, amelyik a fejlődés előtt jár (*Vigotszkij*, 1971). A tanár feladata – és ez nem magától értődő – hogy fenntartsa az éppen megfelelő mértékű feszültséget, a között, amit a tanuló még kezelni tud, és a között, amitől a jelen szakaszban már cselekvőképtelenné válna, bármilyen segítséget is kap. A tanár feladatát tovább nehezíti, hogy az osztályban a tanulók kognitív szintje nagyon változatos. Az egyik tanuló számára kognitív konfliktust jelentő tevékenység triviálisnak tűnhet egy másiknak, és lehetetlenül nehéznek egy harmadik számára. Az egész osztály számára kognitív stimulációt teremtő tevékenységeknek sokféle belépési ponttal kell rendelkezniük, és egyre fokozódó nehézségi szinttel, hogy mindenki el tudja kezdeni, és mindenki számára jelentsen kihívást is.

Másodszor, a tudományos gondolkodást elősegítő tanóráknak sokféle lehetőséget kell biztosítaniuk a *társas konstrukcióra*. Vagyis bátorítani kell a tanulókat, hogy értelmesen beszélgessenek egymással a megismerendő természettudományos jelenségről, különböző ötleteket vessenek fel, azokat megindokolják, másokat gondolkodásra készítsenek, provokáljanak. A stimuláló osztályt a tanár által hangszerelt és levezényelt tevékenységrendszer, a folyamatos magas szintű dialógus jellemzi. Azok a tanulók, akik a megértésben néhány lépéssel előbbre tartanak, különösen hatékonyan segíthetik társaikat, mert hasonlóképpen gondolkodnak, és érzékenyek arra, hogy mi okozhat problémát.

Harmadszor, az olyan osztályokban, amelyek hatékony terepet kínálnak a gondolkodás fejlődéséhez, állandóan jelen vannak a reflexió különböző formái. A tanulók és a tanár visszatekintenek azokra a gondolkodási folyamatokra, amelyek a fejlesztés előterében állnak. Végiggondolják sikereiket és kudarcaikat, tudatosítják az eredményre vezető gondolkodásmód sajátosságait, és megfontolják, hogy a sikerhez vezető gondolatmeneteket miképpen tudnák másutt, új területeken alkalmazni. A metakogníció elősegíti a helyes gondolkodási elvek absztrakcióját, amit azután a későbbiekben másutt is alkalmazni tudnak.

A kognitív akcelerációban ezt a három „pillért” eredetileg 30 tevékenységből álló eszközrendszer testesítette meg, amelyet 11-14 éves gyerekek számára készítettek (Adey, Shayer és Yates, 2001), majd később az elveket fiatalabb gyerekeknél is alkalmazták (Adey, 1998; Adey, Nagy, Robertson, Serret és Wadsworth, 2003; Adey, Robertson és Venville, 2001). Mindegyik esetben a gondolkodás skémája, ahogyan azt az előző részben leírtuk, szolgált a tevékenység témájaként. Például, az *osztályozás* skémájával kezdve, az egyik tevékenység során a körülbelül hétéves korú gyerekek csoportjának magszerű tárgyakat mutattak, többek között almamagot, szotyolát, rizsszemet, kis üveggyöngyöket, lencsét, mazsolát stb. Azt kérték tőlük, hogy alaposan nézzék meg a tárgyakat, és mondják el, melyek magok, és melyek nem. Külön halomba gyűjteni a magokat és az egyéb dolgokat elég egyszerű, de most azt kérték tőlük, hogy magyarázzák is el döntésüket. Ez sok vitához vezetett, amelyet egy tanár körültkintően, a vitát nem eldöntve, irányított. A vita kognitív konfliktust generált, miközben az osztály együtt küzdött azért, hogy a tulajdonságok olyan csoportját állítsák össze, amelynek alapján a magok elkülöníthetők az egyéb tárgyaktól.

A legfiatalabb gyerekek minden héten 30 percet töltenek ilyen tevékenységgel, míg a 7-9 évesek tevékenysége egy órán át tart, és két éven át kéthetente egyszer kerül rá sor. Az értékelések szerint az ilyen intervencióknak hosszú távú hatása van a gyerekek gondolkodásának fejlődésére, amely a többi iskolai tantárgyban elért sikerekben is megjelenik (Adey, és mtsai., 2002; Shayer és Adey, 2002; Shayer és Adhami, 2011; Venville, Adey, Larkin és Robertson, 2003).

A gyermekek gondolkodásának fejlesztésében szignifikáns hatásokat elérő egyéb programok közé tartozik a *Gyermekfilozófia* (*Philosophy for Children*, lásd: Lipman, Sharp, és Oscanyan, 1980; Topping és Trickey, 2007a, 2007b), melynek ugyan nincs közvetlen kapcsolata a természettudomány tanításával, de az alkalmazott osztálytermi módszerek (a tanulók közötti interakció, vita, argumentáció) alkalmazhatóak a természettudomány tanítása során is. A Gyermekfilozófia program keretében megvitathatóak a természettudományhoz kapcsolódó filozófiai kérdések, és fejleszthetők a természettudomány tanulása során fontos gondolkodási képességek is. Hasonló módszerek alkalmazhatók a természettudomány-órákon a tanulók attitűdjeinek, meggyőződéseinek és tudással kapcsolatos elgondolásaiknak (személyes episztemológiák) formálására is. (A Gyermekfilozófia magyar adaptációját illetően lásd G. Havas, Demeter és Falus, 1998.)

Egy másik, a természettudomány-tanítás szempontjából releváns eljárás Klauer induktív gondolkodást fejlesztő programja (Klauer, 1989a, 1996; Klauer és Phye, 1994; Klauer és Phye, 2008). A gondolkodástréning eredetileg külön erre a célra kidolgozott eszközrendszert alkalmazott az induktív gondolkodás korai fejlesztésére (Klauer, 1989b), amely különösen a fejlődésben lemaradó tanulók felzárkóztatásában bizonyult eredményesnek. Később e program számos további kísérletet inspirált, mind az iskolai tantárgyakon kívül, mind pedig azokba beágyazott fejlesztő tevékenységekkel. Klauer és Phye (2008) a fejlesztő programok eredményeit szintetizáló tanulmányban 74 olyan kísérletről számol be, amelyek többségét iskolai tantárgyakba integrált fejlesztő programokkal végezték. Ezek között volt a fizika, a biológia és a földrajz is, közvetlenül demonstrálva a természettudományokban rejlő lehetőségeket. Klauer modelljére épült a Molnár (2011) által elvégzett kísérlet is, amelyben az induktív gondolkodást játékos eszközökkel fejlesztették.

Számos további olyan kísérletre is sor került, melyekben valamely gondolkodási képességet a természettudomány által kínált tartalmakkal

fejlesztettek. Többek között sikerült a kombinatív képességet hatékonyan fejleszteni a fizika és a kémia keretében (Csapó, 1992, 2003). Nagy (2006) olyan kísérletről számolt be, melynek során az analógiás gondolkodás fejlesztése a biológiatanításában valósult meg, és nemcsak az analógiás gondolkodás javult, hanem a tananyag megértése és elsajátítása is. A fejlesztő kísérletekben alkalmazott módszereket hatékonyan lehet alkalmazni a rendszeres oktatási gyakorlatban is. Zátonyi (2001) nagyszámú olyan alkalmat azonosít a fizika tanításában, amely felhasználható a gondolkodási képességek fejlesztésére.

Sok olyan általános, a természettudományok tanításában is alkalmazható eljárás van, amely különösen alkalmas a gondolkodási képességek fejlesztésére. Széles körű nemzetközi fejlesztési programok indultak a kutatás alapú természettudomány-tanítás (*Inquiry Based Science Education* – IBSE) elterjesztésére, amely nagyobb hangsúly fektet a megfigyelésekre, kísérletekre és azok eredményeinek önálló feldolgozására, értelmezésére. A probléma alapú tanulás (*Problem Based Learning* – PBL) során a tananyagot realisztikus, a tanulók számára releváns problémákká szervezett formában dolgozzák fel, szemben az egyes diszciplínák logikáját követő, de a tanulók számára esetleg túl absztrakt, steril tananyagszervezéssel. A komplex problémák feldolgozása nemcsak komolyabb kihívást jelent, hanem nagyobb motiváló hatással is bírhat. Az egyéni projektek lehetőséget kínálnak az elmélyültebb önálló tanulásra, míg a csoportprojektek fejlesztik a kommunikáció és a csoportos problémamegoldás készségeit is.

A kognitív fejlődés felmérése a természettudományos oktatás keretében

A gondolkodás fejlődésének vizsgálata más eszközöket és módszereket igényel, mint a tananyag elsajátításának felmérése. Az alapvető problémát az okozza, hogy a feladatokhoz mindig szükséges valamilyen tartalom, és a tartalommal kapcsolatos előismeretek befolyásolják a megoldás sikerességét. Ezzel a helyzettel szembesült Piaget is az értelmi fejlődés tanulmányozása során. Ezért alkalmazta a *klinikai módszert*, amelynek lényege az, hogy csak minimális információt közöl a gyermekekkel, miközben kikérdezi őket. Hasonlóképpen a gondolkodás tesztelése során is minimalizálni kell a konkrét tartalom szerepét.

A tudományos gondolkodás felmérésének tárgya

Ha a tudományos gondolkodás felmérése a célunk, akkor el kell érnünk, hogy valóban a gondolkodási folyamatokról kapjunk képet, és ne a természettudományos ismeretek mennyisége vagy fogalomrendszerek fejlettsége befolyásolja az eredményeket. Úgy kell tehát felmérnünk a tanuló tudományos gondolkodási képességeit, hogy a lehető legkisebb mértékben vegyük igénybe a tárgyi tudását. Ha ugyanis tárgyi tudásra is szükség van a feladat megoldásához, és a tanuló elrontja a feladatot, nem lehet megállapítani, hogy a kudarc az ismeretek hiányának vagy fejletlen gondolkodási képességeknek tulajdonítható. Bár valószínűleg lehetetlen elérni, hogy egy gondolkodást felmérő feladatban egyáltalán ne legyen szükség a tudásra (vagy egy ismereteket igénylő feladat ne igényeljen gondolkodást), a lehető legjobban meg kell közelíteni ezeket az ideális határeseteket. A feladat megoldásához szükséges ismereteket biztosítani kell a tanulók számára. Például, ha szeretnénk felmérni, miképpen gondolkodik egy gyerek az alakját változtató folyadék térfogatának megmaradásáról (térfogat-konzerváció), akkor az 1.1. ábrán bemutatotthoz hasonló feladatot adhatunk neki.

Itt van két pohár, A és B. Pont ugyanakkora mind a kettő. Mindkettőben ugyanannyi almale van.



A



B

Te is így gondolsz?

Itt egy másik pohár, C, amelyik magasabb és keskenyebb, mint az A és B pohár. Ez üres.



A

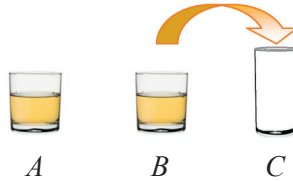


B



C

Most az almalevet a B pohárból átöntjük a magas és keskeny C pohárba.



[Ezt a valóságban is el kell végezni, vagy videón/számítógépen megmutatni]

Nézd meg, mennyi almalé maradt az A pohárban, és mennyi van most a magas C pohárban!

Emlékezz vissza, hogy az elején ugyanannyi almalé volt az A és B pohárban is. Aztán az összes almalevet a B pohárból átöntöttük a C pohárba.

Mit gondolsz, mi a helyzet most?

Több almalé van a C pohárban, mint az A-ban.

Több almalé van az A pohárban, mint a C-ben.

Ugyanannyi almalé van az A és a C pohárban.

Miből gondolod ezt?

Ha megihatnád az A vagy a C pohárban lévő almalevet, melyiket választanád?

Miért? ...

1.1. ábra. A térfogat-megmaradás tesztelése

A későbbiekben majd bemutatjuk, hogyan lehet az ilyen feladatokat alkalmazni. Itt a továbbiakban arra összpontosítunk, hogy milyen típusú gondolkodást szeretnénk vizsgálni. A tudományos gondolkodás felmérésének a kontextusában az általunk javasolt kritérium az, hogy a felmérni kívánt gondolkodás illeszkedjék a *természettudomány-tanulás* keretei közé, és ugyanakkor az *általános gondolkodás* szempontjából is releváns legyen. Továbbá az eszközrendszernek megfelelőnek kell lennie a 6-12 éves gyermekek számára.

Az e kritériumoknak megfelelő gondolkodási képességeket a fejezet korábbi részeiben a konkrét és a formális műveletek skémájaként írtuk le. Egyértelműen ide soroljuk a következő műveleteket:

- (1) A megmaradásokat, ide értve a szám, az anyagmennyiség (tömeg), a súly, a folyadéktérfogat és a kiszorított térfogat megmaradását.
- (2) A sorképzést, ide értve az egy változó alapján végzett sorrendbe állítást, majd az átrendezést egy második változó alapján, és az új tárgyak beillesztését a sorozatba.
- (3) Az osztályozást, ide értve az egyszerű csoportosítást, a két változó alapján végzett csoportosítást, a „kimaradó” csoportokat, az egymást átfedő kategóriákat és a hierarchiákat.
- (4) Az ok és okozat kapcsolatát, ide értve, amikor több mint egy oka van egyetlen okozatnak, és több mint egy okozat következik egyetlen okból. Az oksági kapcsolatnak az egyszerű együtt járástól való megkülönböztetését, de nem mérlegelve a többszörös okokat vagy lehetőségeket; ide értve a változók közötti egyszerű kvalitatív viszonyok megtalálását.
- (5) A kombinatív gondolkodást, a kombinációk megtalálását akár három (esetleg négy) változóval, amelyeknek két vagy háromféle értékük is lehet.
- (6) A valószínűség fogalmának megértését, a kisebb vagy nagyobb valószínűségek közötti különbségtételt.
- (7) Az egyszerű korrelatív gondolkodást, az együtt járások (korrelációk) felismerését az összefüggést erősítő és gyengítő események aránya alapján.
- (8) A térérzékelést, ide értve a perspektívát és a képzeletbeli elforgatást.
- (9) A sebességet a távolság és az idő szempontjából.
- (10) A változók kontrollját háromváltozós helyzetekben, ahol mind-egyik változót közvetlenül meg lehet figyelni.
- (11) Az arányossági gondolkodást, kis egész számok arányainak kezelését.

A felmérésének formája és a számítógépes tesztelés lehetőségei

Ahogy már korábban is jeleztük, a tudományos gondolkodás mérőeszközeinek a lehető legkevésbé szabad természettudományos ismereteket megkövetelni a tanulóktól, ezért a feladat szövegébe a megoldáshoz szükséges minden ismeretet bele kell fogalmazni. A tudományos gondolkodás ezen aspektusainak megfigyeléséhez gyakran szükséges, hogy a tesztfeladatok több egymásra épülő lépésből álljanak, és a tanuló választ lépésről lépésre figyelemmel lehessen kísérni. Ez a megközelítés közel áll a dinamikus értékelés (*Tzurriel*, 1998) elveihez, amelynek során a felmért egyénnek azt a képességét figyelik meg, hogy hogyan tud tanulni a feladat megoldása során szerzett tapasztalatokból, és nem pedig azt, hogy mit tud már akkor, amikor megkezdí a feladat megoldását. Hasonló a helyzet a dinamikus problémamegoldás esetében is (*Greiff és Funke*, 2010), amikor a tanulók interakcióba lépnek egy számítógépen megjelenített rendszerrel, megfigyelik annak viselkedését, a tanulói beavatkozásokra adott válaszait, általánosítják a megfigyelt szabályokat, majd az így nyert tudást alkalmazva oldják meg az aktuális problémát.

Hosszú ideig az ilyen típusú tesztelést csak egyéni beszélgetéssel lehetett megbízhatóan lefolytatni. (Ezért választotta *Piaget* módszerének a klinikai interjút.) Az egyéni interjú azonban nehezen lenne megvalósítható az osztályteremben, amikor a tanár a gyerekek aktuális gondolkodási képességét szeretné felmérni. A részletes egyéni kikérdezés nem alkalmazható nemzeti vagy nemzetközi összehasonlító felmérések céljaira sem. Az egyénenként, pszichológusok által elvégzett vizsgálatok nagy mintákra, tömeges felmérésekre való kiterjesztése ebben a formában lehetetlen. Ezért a gondolkodás tesztekkel történő felmérése során óhatatlanul kompromisszumokat kell kötni a mérések validitása tekintetében. Másrészt a számítógépes felméréssel sokkal jobban meg lehet közelíteni az ideálisnak tekintett egyéni interjút, mint a hagyományos, papír alapú tesztekkel. Továbbá az, hogy minden tanuló ugyanazt a tesztet oldja meg azonos feltételek között, javítja a mérés objektivitását.

A kognitív fejlődési szintek felmérésére kifejlesztett osztályszintű feladatok egyik sikeres példája a tudományos gondolkodást felmérő feladat-sor (*Science Reasoning Tasks*), melyet *Shayer* és munkatársai dolgoztak ki az 1970-es években (*Shayer*, 1970; *Shayer, Adey, és Wylam*, 1981). A feladatok legtöbbször a formális műveletek felmérésére irányult (válto-

zók kontrollja és kizárása, egyensúly, kombinációk), de a következő két-tő közülük kifejezetten a fiatalabb tanulókat vette célba.

- (1) A *térfogat és súly* az egyszerű térfogat-megmaradástól a sűrűség fogalmáig fedi le a piaget-iánus keretben a korai konkrét műveletektől a korai formális műveletekig terjedő fejlődési spektrumot. A felmérést végző személy többféle dolgot mutat be (folyadékokat öntöget, egy tárgyat merít mérőhenger vizébe stb.), és végigvezeti az osztályt az egyes feladatokon, egyiket a másik után bemutatva, bizonyos pontokon szükség szerint magyarázva. A tanulók a többszörös választásokat és rövid írásbeli válaszokat igénylő feladatokat írásban válaszolják meg. Az ilyen feladatokat nagyjából nyolcéves és idősebb tanulóknál lehet alkalmazni.
- (2) A *térérzékelés* mérése egy rajzos feladattal történik. Az egyik feladatsorban a tanulóknak meg kell jósolniuk a víz szintjét egy megdöntött kancsóban (ezt valódi, vízzel megtöltött kancsóval demonstrálják nekik), egy másikban pedig megkérik őket, hogy rajzoljanak egy hegyet egy házzal a hegyoldalban, aztán egy kéményt, majd a kéményből felszálló füstöt, végül egy távolodó fasort. Ez a feladat lefedi a korai, a művelet előtti fázistól az érett, konkrét műveletekig terjedő tartományt, és akár már ötéves gyerekeknél is alkalmazható.

Még ezeknél a tesztfeladatoknál is lehet hibákat elkövetni a lebonyolításban, és a bemutatókhoz néhány különleges eszköz is szükséges. A gondolkodás vizsgálatának legnagyobb jövőbeli ígérete – ide értve a tudományos gondolkodás felmérését is – az, hogy az előzőekben leírtakhoz hasonló számítógépes feladatokat lehet készíteni. A szituációk bemutathatók számítógépen, és a kérdéseket mindig a megfelelő szituáció bemutatása után lehet feltenni. Sőt, a tanulók konkrét válaszaitól függően a tesztelés folyamata is módosítható, alkalmazhatók az adaptív tesztelés alapelvei. Ez a megközelítés akkor válik lehetségessé, ha már az osztály összes tanulója tudja kezelni a számítógépeket. Mivel azonban mind könnyebben és egyszerűbben kezelhető számítógépek állnak rendelkezésre, ez a lehetőség hamarosan szélesebb körben is elérhető lesz. Az osztályozás skémáját például véve az 1.2. ábrán felvázoljuk, hogy miképp alakul egy ilyen teszt.

(1) A feladat nyitó képernyőjén 4 zöld négyzet, és négy zöld háromszög látható egy csoportban, mindegyik ugyanakkora.



Az olvasható és hallható szöveges utasítás:

„Szét tudod válogatni ezeket a formákat? Húzd szét őket két csoportba, a formák mindkét csoportban ugyanolyanok legyenek!”

(2) Zöld négyzetek, háromszögek és körök csoportja.



„Oszd szét a formákat három csoportba, mindegyikben ugyanolyan formák legyenek.”

(3a) Zöld és piros négyzetek, és zöld és piros háromszögek.



„Készíts két csoportot ezekből a formákból úgy, hogy mindegyik csoportban legalább egy tulajdonságuk ugyanolyan legyen.

Melyik tulajdonságot választod a csoportok összeállításához? Színt / formát / méretet / valami mást?”

(3b) „Keverd újra össze őket, majd újra oszd szét őket két csoportba, ezúttal más tulajdonságuk alapján.

Melyik tulajdonságot választottad most?

Színt / méretet / formát / valami mást?”

(3c) „Most oszd őket négy csoportba.

Mely tulajdonságuk miatt kerültek a formák az egyes csoportokba?”

...

1.2. ábra. Osztályozás feladat

Az egyes részfeladatok egyre nehezebbek lehetnek, növelve a változók számát, a változók lehetséges értékeinek a számát, üres halmazok bevezetésével (pl. piros körök, piros négyzetek, kék körök csoportja), illetve a hierarchikus osztályozás bevezetésével, és a való életből vett példák (pl. háziállatok) beemelésével. A program feljegyzi a tanuló válaszait, minden szinten felméri az osztályozásban mutatott jártasságot, a sikeres feladatok után nehezebb feladatokat kínál, többszöri sikertelenség esetén pedig egyszerűbbeket, és értékeli a globális teljesítményt.

A korábban jellemzett műveletek mindegyikére kifejleszthetők ilyen típusú tesztek. A következő kérdés az, hogy „Lehet-e olyan tesztet kifejleszteni, amelyik több, esetleg az összes szkéma szintjeit vizsgálni tudja?” Lehetne például olyan feladat, amelyben négy kérdés van az osztályozással kapcsolatban, négy a megőrzéssel, több az ok-okozati viszonyral, és így tovább.

Több oka is van annak, hogy az ilyen megközelítés miért okozna problémákat. Először is, mindegyik szkémán belül sok elérhető szint van, amelyeket három-négy kérdéssel nem lehetne megfelelően tesztelni. Másodszor, az ilyen típusú tesztek megoldása során – hasonlóan a dinamikus felmérések feladataihoz – eltart egy ideig, amíg a tanuló „ráhangolódik” a teszt témájára. Ha folyamatosan ugrálni kell az egyik szkémáról a másikra, könnyen előfordulhat, hogy a mérés alábecsüli a gyerek valódi képességeit, mivel újra és újra „rá kell hangolódnia” mindegyik kérdés-típusra. Végül pedig, bár a fejlődési folyamat minden szkéma esetében hasonló fejlődési fázisokon megy keresztül, és azt várnánk, hogy egy gyerek haladása a különböző műveletek terén egymással összhangban történik, a valóságban a különböző műveletek fejlettségi szintje között jelentős eltérés is lehet. Ez a megfigyelés vezetett annak a jelenségnek az azonosításához, amelyet *Piaget decalage*-nak (visszaesés) nevezett – az egyik szkémában való előrehaladás nincs pontosan szinkronban a többivel.

Diagnosztikai célból hasznosabb, ha a tudományos gondolkodás minden aspektusát külön felmérjük, és így határozzuk meg a gyerekek különböző területeken elért fejlettségi szintjét. Ehhez nagyszámú egyedi feladatra van szükség. Ha a felmérés rendszeres, számítógéppel valósul meg, és minden tesztelés előtt rendelkezésre állnak az előző mérések adatai, akkor a feladatokat hozzáigazíthatjuk a tanulók egyéni fejlettségi szintjéhez.

A felmérések eredményeinek interpretációja, a gondolkodás vizsgálatának ereje és kockázatai

A tudományos gondolkodás tesztjei különböző szinteken nyújtanak visszajelző információt. A tanár számára tanulságos és néha meglepő is, ha látja, hogy tanítványai milyen válaszokat adnak a tesztek gondolkodási feladataiban. Az eredményekkel való szembesülés gyakran olyan reakciót vált ki belőlük, mint „Nem hittem volna, hogy ilyen rosszak lesznek” vagy „Pedig csak két hete tanítottam ezt nekik”. Az ilyen tanári megnyilvánulásokat annak tulajdoníthatjuk, hogy a tanárok többnyire nem ismerik a kognitív fejlődés természetét, és a tanítás viszonyát a fejlődéshez. A gondolkodástesztek megmutathatják például, hogy a változók használata vagy az arányossági gondolkodás esetében lassabb a fejlődés, mint azt gondolnánk, és közvetlen tanítási módszerekkel nem is befolyásolható. A tanárok nyilván képesek a tanítványaik értelmi fejlődését elősegíteni, de ezt csak a kognitív fejlődést sokféle kontextusban stimuláló tevékenységek révén érthetik el. A fejlődés lassú, öntörvényű folyamat, és általában a közvetlen tanításon túlmutató módszerekkel lehet eredményesen befolyásolni.

Ha a tanár képes túllépni azon a törekvésen, hogy közvetlenül tanítsa meg a szóban forgó képességeket, akkor hasznosnak fogja találni a gondolkodási tesztek eredményeit. Ez ugyanis lehetővé teszi számára, hogy megtudja, éppen hol tartanak a tanulók, és így (a) hosszabb távra előre képes meghatározni a kognitív stimuláció feladatait, továbbá (b) jobban meg tudja ítélni, hogy várhatóan milyen típusú tevékenységek váltanak ki – mind az osztály, mind pedig az egyes gyerekek számára –fejlesztő hatású kognitív konfliktust.

Néhány nagyobb nemzeti (*Shayer, Küchemann, és Wylam, 1976; Shayer és Wylam, 1978*), és nemzetközi (*Shayer, Demetriou, és Pervez, 1988*) felmérés lehetővé tette a gyermekek átlagos fejlődési ütemének meghatározását. Ezek átfogó képet alkottak arról, hogy a tanulók átlagosan milyen életkorban érik el fejlődés különböző szintjeit. Így lehetővé vált, hogy a tanárok, iskolák vagy az oktatási hatóságok szélesebb körű összehasonlításra alapozva is megítélhessék az egyes tanulók teljesítményét. Sajnos, a legtöbb ilyen normatív adat mára már elavult. Például a korábban bemutatott térfogat feladatban elért teljesítmények jelentősen megváltoztak az 1970-es években végzett első felmérések óta (*Shayer és Ginsburg, 2009*).

E változás ellenére mind az osztályon vagy iskolán belüli, mind pedig a külső viszonyítási adatokkal való összehasonlítások segíthetnek egyenként azonosítani azokat a tanulókat, akiknél a tudományos gondolkodás valamilyen zavara áll fenn, valamint meg lehet találni azokat a kivételes tanulókat is, akik profitálnának az átlagos iskolai tanrendnél magasabb szintű stimulációból.

Az itt bemutatott tesztípus előnye, hogy valami sokkal alapvetőbb dolgot mér fel, mint a tudományos tudás vagy a tananyag egyszerű diszciplináris összefüggéseinek megértése. Amit így fel lehet mérni, az az általános gondolkodási képesség fejlődésének indikátora, olyan képességszisztem, amelyre minden elmélyültebb gondolkodást igénylő tanulás során szükség van. A tudományos gondolkodás felmérésének minőségét javítva pontosabban meghatározhatjuk, milyen fejlődési szinten vannak a tanulóink. Így jobban megértjük tanulási nehézségeiket, célzott kognitív stimulációval hatékonyabban fejleszthetjük gondolkodásukat. Így tudjuk ellátni őket azokkal az értelmi eszközökkel, amelyek a természet-tudomány hatékony tanulásához szükségesek.

Mindemellett a tudományos gondolkodási teszteknek van néhány olyan jellemzője, amely külön figyelmet igényel, ha el szeretnénk kerülni, hogy a legfontosabb cél megghiúsuljon. Fennáll annak kockázata, hogy esetleg úgy interpretálják a gondolkodási teszt eredményeit, mint a gyerek egy többé-kevésbé rögzült tulajdonságát. Világossá kell tenni, hogy változtatható, fejleszthető képességekről van szó, és a tesztelés célja éppen az, hogy megmutassa a fejlesztés szükségességét, és nyomon kövesse a beavatkozások hatását. Ugyanakkor fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy a direkt tanítástól önmagában kevés eredmény várható. A fejlődés szempontjából releváns stimulációval, tudatos neveléssel hosszabb időn át lehet biztos eredményt elérni. A tudományos gondolkodás tesztekét ugyanúgy fel lehet használni a formatív tesztelés céljaira, mint a természettudományos tudást mérő tesztek.

A gondolkodás számítógépes felmérésének van számos olyan aspektusa, amely a tervezésen, kipróbáláson, az adatok statisztikai feldolgozásán, az újratervezésen és a számítógépes programozáson keresztül zajló tesztfejlesztés minőségén múlik. Ahogy azt már korábban jeleztük, az egyénileg, számítógépek felhasználásával végzett tesztelést tartjuk a legjobbnak. Ez alapjában véve technikai kérdés. Nagyon fontos az is, hogy a számítógépes feladatok realisztikusak, valóságghűek legyenek, abban az

értelemben, hogy a számítógépen bemutatott szituációkkal jogosan helyettesítők legyenek a valóságosak. A tanulónak érezniük kell a képernyőn bemutatott tárgyakról és folyamatokról, hogy valóság, egyébként nem képesek őket a valóság elemeivel kapcsolatba hozni.

Végül figyelmet kell fordítanunk a biztonság kérdésére is, különösen az olyan tesztek esetében, amelyeknek komoly tétje van. A diagnosztikai tesztek ugyan nem tartoznak ez utóbbiak közé, de ha a kifejlesztett tesztek szabadon hozzáférhetőek, és a teszt diagnosztikai célját rosszul értelmezik, előfordulhat a tesztelésre való felkészítés. Ha az iskola vagy a tanár azt gondolhatja, hogy hasznot húzhat abból, ha a tanulói jól teljesítettek a teszteken, viszonylag könnyen felkészítheti a tanulókat a „helyes” válaszokra. Ez a felkészítés rövidre zárja a fejlődésben bekövetkező valódi növekedést, és a mesterségesen felfűjt értékek nem tükrözik, hogy a tanuló valóban rendelkeznek-e az gondolkodási műveletekkel. Az ilyen téves felhasználást a tanárok és az iskolai vezetők felkészítésével, szakszerű továbbképzésével lehet kivédeni. Ezért nem szabad megengedni a formatív tesztelés esetében az egyéni vagy a csoportos eredmények nyilvánosságra hozatalát. Tovább csökkentheti „a tesztre való rátanítás” iránti kísértést, ha nem egyszeri vizsgálatról van szó, hanem a felmérések sorozatot alkotnak. Ha sor kerül az adatok összekapcsolására, a tanulók longitudinális követésére, az eredmények egyszeri, mesterséges feljavítása lerontaná annak esélyét, hogy a következő időszakokban is javulás következzen be. Egy komplex fejlődési adatbázis egyedi eredményeinek manipulálását statisztikai elemzésekkel is könnyebb felderíteni.

Felmerül az a kérdés is, milyen formában közölhetők a teszteredmények magukkal a diákokkal. A formatív tesztelés céljaival összhangban a visszacsatolásnak nem csupán a kvantitatív eredményeket, hanem segítő jellegű információkat is kell tartalmaznia (*Black, Harrison, Lee, Marshall és Wiliam, 2003*). Nincs értelme a tanulóval egyszerűen csak a gondolkodási feladatokban elért pontszámát közölni, mivel abból még nem fogja megtudni, hogy milyen típusú gondolkodásban sikeres, és melyekben kellene még fejlődnie. A hatékony formatív visszajelzés mindenekelőtt azt közli a tanulóval, milyen tevékenységekkel javíthatja eredményét, a számszerű adatok pedig annak jelzésére alkalmasak, hogy a tanulók lássák, milyen hatása volt ezeknek a tevékenységeknek. Osztályszinten értékelve a csoport eredményeit, jó nevelési alkalmat teremthetünk, amivel a tanulók lehetőséget kapnak arra, hogy elmondják, ők hogyan oldották meg

az egyes feladatokat, igazolják a válaszaik helyességét, és a többiekkel együtt vegyenek részt a fejlesztő hatású vitában, közös gondolkodásban.

Összegzés

Ebben a fejezetben egyértelműen különbséget tettünk a tudományos ismeret és a tudományos gondolkodás között. Ezt a különbségtételt részben a tanulás-fejlődés spektrumban elfoglalt helyzetük magyarázza: a tudományos ismeret inkább a tanulás, míg a gondolkodás inkább a fejlődés eredménye. Ennek következményeként meg kell különböztetnünk a direkt tanítást és a fejlesztést is. A tudományos gondolkodást, miként a gondolkodást általában is, csak megfelelően alkalmazott rendszeres stimulációval lehet javítani.

Bemutattunk néhány módot arra, hogyan lehet osztályozni a tudományos gondolkodás különböző formáit, és kiemelt figyelmet fordítottunk azokra a gondolkodási mintákra vagy skémákra, amelyek megalapozzák a természettudományok tanulását, a jelenségek megértését és az ismeretek alkalmazását. A tudományos gondolkodást az általános gondolkodás vagy az általános intelligencia egyik aspektusaként mutattuk be. Mind az általános, mind a tudományos gondolkodást nyitott, a megfelelő tanulási tapasztalatokon keresztül fejleszthető képességek rendszereként írtuk le.

Bemutattuk, hogy az értelmi képességeket stimuláló tanulási tapasztalatok egyik legfontosabb mozzanata a kognitív konfliktus, amely kihívást jelent az aktuális tudás hiányosságait illetően, és motivál a magasabb szintű megértés felé való továbblépésre. Felhívtuk a figyelmet a társas interakció jelentőségére, amelynek során a tanulók vitatkozva, együtt gondolkodva ösztönzik egymást. Kiemeltük a metakogníció meghatározó szerepét a tanulók tudatos gondolkodóvá válásában, melynek során képessé lesznek saját gondolkodási folyamataikat figyelemmel kísérni és irányítani. Mindezek során folyamatosan demonstráltuk a természettudomány tanításában rejlő egyedi lehetőségeket ezeknek a meghatározó jelentőségű értelmi folyamatoknak a fejlesztésében.

Végül a természettudományok terén megnyilvánuló gondolkodási képességek felmérését szolgáló módszereket mutattunk be. Felvázoltuk azokat a kritériumokat is, amelyek alapján el lehet kezdeni a megfelelő fel-

adatbankok kifejlesztését. Áttekintettük az ilyen tesztek felhasználását, és a nem megfelelő alkalmazásukban rejlő veszélyeket is.

A természettudományos gondolkodás formatív és diagnosztikus felmérésére kísérleti oktatási programokban már évtizedekkel ezelőtt sor került. Az ilyen mérésekre alapozott módszerek azonban a gyakorlatban komoly személyes és eszközbeli igényeik miatt nem terjedhettek el szélesebb körben. A technológia alapú értékelés lehetővé teszi, hogy a személyre szabott felméréseket bevigyük az osztálytermekbe. Ezáltal további lépés tehető annak érdekében, hogy a természettudomány tanítását hozzáigazítsuk a tanulók aktuális fejlettségéhez és egyéni igényeihez.

Irodalom

- Adey, P. (1998): Thinking Science: Science as a gateway to general thinking ability. In: Hamers, J. M., Van Luit, J. E. és Csapó, B. (szerk.): *Teaching and learning thinking skills*. Swets and Zeitlinger, Lisse. 63–80.
- Adey, P., Csapó, B., Demteriou, A., Hautamäki, J. és Shayer, M. (2007): Can we be intelligent about intelligence? Why education needs the concept of plastic general ability. *Educational Research Review*, 2. 2. sz. 75–97.
- Adey, P., Nagy, F., Robertson, A., Serret, N. és Wadsworth, P. (2003): Let's Think Through Science! NFER-Nelson, London.
- Adey, P., Robertson, A. és Venville, G. (2001): Let's Think! NFER-Nelson, Slough.
- Adey, P., Robertson, A. és Venville, G. (2002): Effects of a cognitive stimulation programme on Year 1 pupils. *British Journal of Educational Psychology*, 72. 1–25.
- Adey, P. és Shayer, M. (1993): An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention programme in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, 11. 1. sz. 1–29.
- Adey, P. és Shayer, M. (1994): *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*. Routledge, London.
- Adey, P., Shayer, M. és Yates, C. (2001): *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project* (3. kiad.). Nelson Thornes, London.
- Bán Sándor (1998): Gondolkodás a bizonytalanról: valószínűségi és korrelatív gondolkodás. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 221–250.
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang Y., Li, L. és Wu, N. (2009): *Learning and scientific reasoning*. Science, 323(5914), 586–587.
- Black, P. J., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B. és Wiliam, D. (2003): *Assessment for learning: putting it into practice*. Open University Press, Buckingham.
- Boyer, T. W., Levine, S. C. és Huttenlocher, J. (2008): Development of proportional reasoning: Where young children go wrong. *Developmental Psychology*, 44. 5. sz. 1478–1490.
- Calvert, B. (1986): *Non-verbal test*. NFER-Wilson, Windsor.

- Csapó Benő (1988): *A kombinatív képesség struktúrája és fejlődése*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csapó, B. (1992): Improving operational abilities in children. In: Demetriou, A., Shayer, M. és Efklides, A. (szerk.): *Neo-Piagetian theories of cognitive development. Implications and applications for education*. Routledge and Kegan Paul, London. 144–159.
- Csapó, B. (1997): Development of inductive reasoning: Cross-sectional measurements in an educational context. *International Journal of Behavioral Development*, **20**. 4. sz. 609–626.
- Csapó Benő (2001a): Az induktív gondolkodás fejlődésének elemzése országos reprezentatív minták alapján. *Magyar Pedagógia*, **101**. 3. sz. 373–391.
- Csapó Benő (2001b): A kombinatív képesség fejlődésének elemzése országos reprezentatív felmérés alapján. *Magyar Pedagógia*, **101**. 4. sz. 511–530.
- Csapó Benő (2003): *A képességek fejlődése és iskolai fejlesztése*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csapó, B. és Nikolov, M. (2009): The cognitive contribution to the development of proficiency in a foreign language. *Learning and Individual Differences*, **19**. 2. sz. 209–218.
- Csikos Csaba (2007): *Metakogníció – A tudásra vonatkozó tudás pedagógiája*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Davies, J. és Graff, M. (2006): Wholist–analytic cognitive style: A matter of reflection. *Personality and Individual Differences*, **41**. 6. sz. 989–997.
- Demetriou, A. (2004): Mind, intelligence, and development: A general cognitive, differential, and developmental theory of the mind. In: Demetriou, A. és Raftopoulos, A. (szerk.): *Developmental change: Theories, models and measurement*. Cambridge University Press, Cambridge. 21–73.
- Ennis, R. H. (1995): *Critical thinking*. Prentice Hall, New York.
- G. Havas Katalin, Demeter Katalin és Falus Katalin (1998, szerk.): *Gyermekfilozófia Szöveggyűjtemény I*. Korona Nova Kiadó, Budapest.
- Giroto, V. és Gonzalez, M. (2008): Children’s understanding of posterior probability. *Cognition*, **106**. 1. sz. 325–344.
- Glenda, A. (1996): Assessment of relational reasoning in children aged 4 to 8 years. Paper presented at the Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioral Development. Quebec, Canada, August 12–16, 1996.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H. és Britton, B. K. (1991, szerk.): *The psychology of learning science*. Erlbaum, Hillsdale.
- Greiff, S. és Funke, J. (2010): Systematische Erforschung komplexer Problemlösefähigkeit anhand minimal komplexer Systeme. In: Klieme, E., Leutner, D., Kenk, M. (szerk.): *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, Weinheim, ua.: Beltz, 216–227.
- Hamers, J. H. M., de Koning, E. és Sijtsma, K. (1998): Inductive reasoning in third grade: Intervention promises and constraints. *Contemporary Educational Psychology*, **23**. 2. sz. 132–148.
- Howson, C. és Urbach, P. (1996): *Scientific reasoning. The Bayesian approach*. (2. kiad.) Open Court Publishing Company, Chicago.

- Inhelder, B. és Piaget, J. (1958): *The growth of logical thinking*. Routledge and Kegan Paul, London. [Magyarul: *A gyermek logikájától az ifjú logikáig*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.]
- Jitendra, A. K., Star, J. R., Starosta, K., Leh, J. M., Sood, S., Caskie, G., Hughes, C. L., és Mack, T. R. (2009): Improving seventh grade students' learning of ratio and proportion: The role of schema-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, **34**. 3. sz. 250–264.
- Johnson-Laird, P. N. (2006): *How we reason*. Oxford University Press, Oxford.
- Kishta, M. A. (1979): Proportional and combinatorial reasoning in two cultures. *Journal of Research in Science Teaching*, **16**. 5. sz. 439–443.
- Klauer, K. J. (1989a): Teaching for analogical transfer as a means of improving problem solving, thinking, and learning. *Instructional Science*, **18**. 179–192.
- Klauer, K. J. (1989b). *Denktraining für Kinder I*. Hogrefe, Göttingen.
- Klauer, K. J. (1996): Teaching inductive reasoning. Some theory and three experimental studies. *Learning and Instruction*, **6**. 1. sz. 37–57.
- Klauer, K. J. és Phye, G. (1994): *Cognitive training for children. A developmental program of inductive reasoning and problem solving*. Hogrefe and Huber, Seattle.
- Klauer, K. J. és Phye, G. D. (2008): Inductive Reasoning: A training approach. *Review of Educational Research*, **78**. 1. sz. 85–123.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. és Nett, U. (2005): Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, **64**. 3. sz. 141–152.
- Kuhn, D. (1992): Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, **62**. 2. sz. 155–178.
- Kuhn, D., Phelps, E. és Walters, J. (1985): Correlational reasoning in an everyday context. *Journal of Applied Developmental Psychology*, **6**. 1. sz. 85–97.
- Lipman, M., Sharp, M. és Oscanyan, F. (1980): *Philosophy in the classroom*. (2. kiad.). Temple University Press, Philadelphia.
- Lawson, A., E. (1982): The relative responsiveness of concrete operational seventh grade and college students to science instruction. *Journal of Science Teaching*, **19**. 1. sz. 63–77.
- Lawson, A. E., Adi, H. és Karplus, R. (1979): Development of correlational reasoning in secondary schools: Do biology courses make a difference? *American Biology Teacher*, **41**. 7. sz. 420–425
- McGuinness, C. (2005): Teaching thinking: Theory and practice. *British Journal of Educational Psychology Monograph*, **2**. 3. sz. 107–126.
- Molnár Éva (2002): Önszabályozó tanulás: nemzetközi kutatási irányzatok és tendenciák. *Magyar Pedagógia*, **102**. 1. sz. 63–79.
- Molnár, Gy. (2011): Playful fostering of 6- to 8-year-old students' inductive reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, **6**. 2. sz. 91–99.
- Nagy József (1987): *A rendszerezési képesség kialakulása*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nagy József (2004): A elemi kombinatív képesség kialakulásának kritériumorientált diagnosztikus feltárása. *Iskolakultúra*, **14**. 8. sz. 3–20.
- Nagy Lászlóné (2006): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Norris, S. P. és Ennis, R. H. (1989): *Evaluating critical thinking*. Midwest Publications Critical Thinking Press, Pacific Grove, CA.

- Osborne, J. (2010): Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, **328**. 463–466.
- OECD (2003): *The OECD 2003 Assessment Framework. Mathematics, Reading, Science and Problem Solving*. OECD, Paris.
- Piaget, J. és Inhelder, B. (1974): *The child's construction of quantities*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Piaget, J. és Inhelder, B. (1975): *The origin of the idea of chance in children*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Piaget, J. és Inhelder, B. (1976): *The child's conception of space*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Popper, K. R. (1972): *Objective knowledge. An evolutionary approach*. Clarendon, Oxford.
- Pólya György (1988): *Indukció és analógia – A plauzibilis következtetés*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Raven, J. C. (1960): *Guide to the Standard Progressive Matrices set A, B, C, D, E*. H. K. Lewis, London.
- Ross, J. A. és J. Cousins, B. (1993): Enhancing secondary school students' acquisition of correlational reasoning skills. *Research in Science & Technological Education*, **11**. 2. sz. 191–205.
- Sanz de Acedo Lizarraga, M. L., Sanz de Acedo Baquedano, M. T. és Oliver, M. S. (2010): Psychological intervention in thinking skills with primary education students. *School Psychology International*. **31**. 2. 131–145.
- Schröder, E., Bödeker, K., Edelstein, W. és Teo, T. (2000): *Proportional, combinatorial, and correlational reasoning. A manual including measurement procedures and descriptive analyses. Study „Individual Development and Social Structure”*. Data Handbooks Part 4. Max Planck Institute for Human Development, Berlin.
- Shayer, M. (1970): How to assess science courses. *Education in Chemistry*, **7**. 182–186.
- Shayer, M. (1999): Cognitive Acceleration through Science Education II: Its effect and scope. *International Journal of Science Education*, **21**. 8. sz. 883–902.
- Shayer, M. és Adey, P. (2002. szerk.): *Learning intelligence: Cognitive acceleration across the curriculum from 5 to 15 years*. Open University Press, Milton Keynes.
- Shayer, M., Adey, P. és Wylam, H. (1981): Group tests of cognitive development – Ideals and a realization. *Journal of Research in Science Teaching*, **18**. 2. sz. 157–168.
- Shayer, M. és Adhami, M. (2011): *Realizing the cognitive potential of children 5 to 7 with a mathematics focus: Post-test and long-term effects of a two-year intervention*. *British Journal of Educational Psychology*, in press.
- Shayer, M., Demetriou, A. és Pervez, M. (1988): The structure and scaling of concrete operational thought: Three studies in four countries. *Genetic, Social and General Psychological Monographs*, **114**. 309–375.
- Shayer, M. és Ginsbrg, D. (2009): Thirty years on – a large anti-Flynn effect? (II): 13- and 14-year olds. Piagetian tests of formal operations norms 1976–2006/7. *British Journal of Educational Psychology*, **79**. 3. sz. 409–418.
- Shayer, M., Küchemann, D. és Wylam, H. (1976): The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. *British Journal of Educational Psychology*, **46**. 2. sz. 164–173.

- Shayer, M. és Wylam, H. (1978): The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. II. 14- to 16-year-olds and sex differentials. *British Journal of Educational Psychology*, **48**, 1. sz. 62–70.
- Topping, K. J. és Trickey, S. (2007a): Collaborative philosophical enquiry for school children: Cognitive effects at 10-12 years. *British Journal of Educational Psychology*, **77**, 2. sz. 271–278.
- Topping, K. J. és Trickey, S. (2007b): Collaborative philosophical enquiry for school children: Cognitive gains at 2-year follow-up. *British Journal of Educational Psychology*, **77**, 4. sz. 787–796.
- Tryphon, A. és Vonèche, J. (1996): *Piaget-Vygotsky. The Social Genesis of Thought*. Psychology Press (Erlbaum), Hove.
- Tzuriel, D. (1998): Dynamic assessment of preschool children: characteristics and measures. In: J. M. Martínez, J. Lebeer és R. Garbo (szerk.): *Is intelligence modifiable?* Bruño, Madrid. 95–114.
- Venville, G., Adey, P., Larkin, S. és Robertson, A. (2003): Fostering thinking through science in the early years of schooling. *International Journal of Science Education*, **25**, 11. sz. 1313–1332.
- Vidákovich Tibor (1998): Tudományos és hétköznapi logika: a tanulók deduktív gondolkodása. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 191–220.
- Vigotszkij, L. Sz. (1971): *A magasabb pszichikus funkciók fejlődése*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Zátonyi, S. (2001): *Képességfejlesztő fizikatanítás*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

2.

A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése

B. Németh Mária

MTA–SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport

Korom Erzsébet

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a természettudományos nevelés céljainak, feladatainak meghatározásában egyre nagyobb szerepet kapnak a társadalmi igények. A társadalom számára releváns tudásban kulcsszerep jut azoknak a képességeknek és ismereteknek, amelyek természettudományi tájékozottságot nyújtanak, lehetővé teszik a tudás alkalmazását a mindennapi életben, támogatják az önálló tanulást, tájékozódást, döntéshozatalt, elősegítik a felelős állampolgárrá válást. A természettudományos nevelés jelentős kutatási irányzata foglalkozik az oktatás társadalmi kérdéseivel, a releváns tudás jellemzőivel, a természettudományos műveltség értelmezésével, a különböző modellek átfogó elemzésével (*Aikenhead*, 2007; *Bybee*, 1997b; *Jenkins*, 1994; *Laugksch*; 2000; *Pella és mtsai.*, 1966; *Roberts*, 2007), a természettudományos műveltséget közvetítő oktatási programok, tanulási környezetek kidolgozásával, elemzésével, értékelésével.

A természettudományos nevelés legnagyobb kihívása, hogy lépést tartson a tudomány és a technika fejlődésével, a modern társadalmi, gazdasági környezet változásaival. Ma már nyilvánvaló, hogy a szaktudományok

felépítését, logikáját követő diszciplináris szemléletű oktatás önmagában nem képes az újabb és újabb tudományos eredményeknek a társadalom változó igényeit kielégítő hatékony közvetítésére. Az empirikus vizsgálatok megmutatták, hogy a természettudományok hagyományos iskolai tanulásával szerzett tudás főleg az elsajátítási környezetben, az adott szaktárgy keretein belül alkalmazható és nehezen transzferálható az iskolán kívüli kontextusokba (Csapó, 1999). A tudás szerveződésére, elsajátítására és alkalmazására vonatkozó kutatások eredményei szerint a működőképes tudás kialakításában nagy szerepe van a gondolkodás és a hatékony tanulás fejlesztésének. Az elmúlt évtizedekben összegyűjtött információk jelzik, hogy a tudás új szituációkban, különböző kontextusokban való alkalmazhatóságát segítik az aktív ismeretszerzést és önálló tanulást támogató módszerek. A hatékony oktatás figyelembe veszi a természettudományok társadalmi beágyazottságát is, a tudás megszerzésének iskolán kívüli színtereit, módjait, és megpróbálja közelíteni a formális iskolai és a természetes, mindennapi közegben végbemenő tanulás folyamatait.

A természettudományos oktatással szembeni gazdasági, társadalmi igényeket a legmarkánsabban az OECD PISA¹ vizsgálatainak elméleti keretrendszere képviseli. Számos országban megfigyelhető a törekvés a nemzeti sajátosságoknak, kulturális hagyományoknak megfelelő műveltségkonceptciók kialakítására, a természettudományos nevelést támogató standardok fejlesztésére, a természettudományi tudás/műveltség rendszeres mérésére is.

A fejezet első része utal a természettudományos műveltség értelmezésének változatos formáira, felvázolja a főbb irányvonalakat képviselő, a nemzeti standardokban és a nemzetközi vizsgálatokban megjelenő modelleket, és bemutat néhány konkrét műveltségkonceptiót. A második rész áttekinti a természettudományos műveltség, az elvárt és mérni kívánt tudás szerkezetét, a tantervi és az értékelési követelményeket, valamint értelmezi a tudás alkalmazásának kérdéseit.

¹ OECD: *Organisation for Economic Cooperation and Development* (Gazdasági Együttműködés és Fejlesztés Szervezete);

PISA: *Program for International Student Assessment* (Program a Tanulók Nemzetközi Felmérésére)

A természettudományos műveltség koncepciói

A természettudományos nevelés feladatának mai modern értelmezése a harvardi egyetem elnökéhez és kémia professzorához fűződik. Az 1950-es évek elején Conant (1952) fejtette ki először, hogy a természettudományos és műszaki tények ismerete önmagában viszonylag alacsony szintű tudás, s kiemelte a természettudományok átfogó megértésének fontosságát (Bybee, 1997b). A természettudományok oktatásának alapelveit és feladatait átfogó *scientific literacy* kifejezést Hurd (1958) és McCurdy (1958) alkotta meg. A *scientific literacy* az „iskolai természettudomány” céljait képviselő fogalomként a 20. század második felében terjedt el az angolszász szakirodalom tantervi fejlesztésekről folytatott vitáiban. Azonban a fogalom modern értelmezésére, a gyakorlathoz és más, nem természettudományokhoz való kapcsolására csak később került sor (Roberts, 2007).

Az 1980-as években a *scientific literacy* kifejezést az STS (*Science Technology Society* / Tudomány Technika Társadalom) projektekben, majd az OECD PISA elméleti keretrendszerében a *science literacy* szókapcsolat váltotta fel (Roberts, 2007). Magyar nyelvre mindkét szókapcsolat (*scientific / science literacy*)² természettudományos műveltségként fordítható, de különbség van az elnevezések mögötti tartalomban és hangsúlyokban. A *science literacy* kifejezést a szerzők általában tágabb értelemben használják. A *Project 2061* (*American Association for the Advancement of Science* – AAAS) elméleti keretében a természettudományokhoz szorosan kapcsolt műveltség alapelveit jelenti (AAAS, 1983; 1989; 1990; Roberts, 2007). *Maienschein* (1998) elemzése szerint a *science literacy* kifejezéshez a természettudományos és műszaki ismeretek megszerzését középpontba állító értelmezések kapcsolhatók. A *scientific literacy* kifejezést elsősorban a megismerés tudományos formáit és a természeti világról való kreatív gondolkodást kiemelő meghatározások használják.

Napjainkban számos, részleteiben, komplexitásában különböző műveltségfelfogás él egymás mellett (Jenkins, 1994; Roberts, 1983). A sokféle értelmezés áttekintésére, rendszerbe foglalására több kutató is kísérletet tett. Az összegző szakirodalmi munkák a különböző műveltségkonceptiókat változó vezérelvek mentén és szempontok szerint csoportosítják.

2 Ritkábban, de hasonló jelentéssel és funkcióval használt kifejezés a *scientific culture* (lásd például Solomon, 1998), illetve a francia nyelvterületeken (pl. Kanadában) a „la culture scientifique” (Durant, 1993).

Például *Laugksch* (2000) megállapította, hogy a fogalom- és feladatmeghatározásban, a hangsúlyok kijelölésében döntő tényező a természettudományos nevelésben érintett pedagógusok, szakértők érdeklődése és céljai. Ez alapján az általános és középiskolák tanárai a célokból levezethető készségek, attitűdök és értékek tantervi rögzítésére, továbbá az oktatás fejlesztését szolgáló tudományos eredmények, tanítási módszerek és az értékelés összekapcsolására törekednek. A főként felnőttekkel foglalkozó természettudományos érdeklődésű társadalom- és közvélemény-kutatók, továbbá a szociológusok a tudomány és a technika erejét, valamint a mindennapokban szükséges természettudományos tudást hangsúlyozzák. Az iskolán kívül (pl. a botanikus kertekben, állatkertekben, múzeumokban) természettudományos neveléssel foglalkozók, valamint az írók, újságírók széles társadalmi rétegek és a legkülönbébb korcsoportok (gyermekek, tinédzserek, felnőttek, idősek) műveltségének fejlesztésére, a közérthetőségre, az alkalmazható tudás közvetítésére összpontosítanak.

Roberts (2007) műveltségmeghatározásokat áttekintő, rendszerező munkájában elkülöníti (1) a szakképzett tanárok körében gyakori történeti, (2) a tanulók feltételezett szükségleteiből kiinduló, műveltség típusokra és -szintekre koncentráló, (3) a műveltség szóra összpontosító, (4) a természettudományokra és a természettudósokra fókuszáló, valamint (5) a mindennapi élet természettudományokhoz kapcsolódó szituációit vagy kontextusait középpontba helyező megközelítéseket. *Roberts* (2007) felosztásában a műveltségkonceptióknak – a természettudományok és azok egymáshoz való viszonyának értelmezése szerint – két jól elkülönülő csoportja van. Az egyiket a természettudományok tradicionális iskolai oktatásához kapcsolódó, a természettudományok eredményeit és módszereit preferáló *I. Látásmódnak* nevezett műveltségfelfogások alkotják – lásd például *Shamos* (1995) modelljét. A *II. Látásmódot* a célcsoportok mindennapi életében nagy valószínűséggel előforduló természettudományos komponensű, természettudományos elvekhez, törvényekhez köthető szituációk és kontextusok megértését hangsúlyozó modellek képviselik – ilyen például a *Bybee* (1997a) által leírt fogalmi és procedurális műveltségi szint. *Roberts* (2007) rámutat arra, hogy az *I. Látásmód* koncepcióiban a szituáció csak jelképes műveltségelem, a *II. Látásmódban* pedig a természettudományos diszciplínának nem kapnak kellő hangsúlyt.

Aikenhead (2007) a konvencionálisan értelmezett természettudományokra, azok diszciplináris, illetve interdiszciplináris felfogására építő

I. és II. Látásmódok mellett egy harmadik kategória felállítását is javasolja. Ezeket, a természettudományokat más diszciplínákkal (társadalomtudományokkal, például a szociológiával) ötvöző komplex, plurális meghatározásokat *Roberts* nyomán *III. Látásmódnak* nevezi. Ilyen például az STS-projektek műveltségfelfogása (*Aikenhead*, 1994; 2000; 2003b; *Fensham*, 1985, 1988, 1992; *B. Németh*, 2008). A gyakorlatban használt műveltségkoncepciók a *Roberts*-féle Látásmódok egyedi megjelenései, különféle kombinációi (*Aikenhead*, 2007; *Roberts*, 2007).

Holbrook és *Rannikmae* (2009) a műveltségmodellek két pólusát különböztetik meg: a természettudományos tudást (*knowledge of science*) és a természettudományos műveltség (*science literacy*) hasznosságát középpontba állító felfogásokat, melyek között *Gräber* (2000) modellje teremt nézetfolytonosságot. *Gräber* (2000) elemzésében a természettudományos műveltség definíciói folyamatot képeznek a tantárgyi kompetencia (*subject-competence*) és a metakompetencia között. Az egyik végpontot *Shamos* (1995) módszereket és eljárásokat középpontba állító modellje képviseli, a másikat *Bybee* (1997a) a mindennapi élet szituációit és a keresztntantervi kompetenciákat hangsúlyozó elmélete adja.

A változó felfogásban, különböző formában kidolgozott – az idézett szakirodalmi összefoglaló munkákban (*Aikenhead*, 2007; *Gräber*, 2000; *Holbrook* és *Rannikmae*, 2009; *Laugksch*, 2000; *Roberts*, 2007) bemutatott – modellek eltérő megközelítésben, más-más irányelvek mentén jellemzik a természettudományos műveltség-modelleket. Ugyanakkor lényegében mindegyik műveltség-modell azt fejt ki, hogy milyen sajátosságokkal bír, mit tud, illetve mit tud tenni a természettudományokban jártas egyén. A műveltségkoncepciók egy része a fontosnak tartott összetevőket sorolja fel, illetve az azoknak megfelelő különböző műveltségformákat nevezi meg (*leíró műveltségkoncepciók*). Más meghatározások a gondolkodás fejlődésével szerveződő, hierarchikusan egymásra épülő szinteket különböztetnek meg (*fejlődésmodellek*). A harmadik csoportba a természettudományos műveltséget kompetenciafogalommal, kompetenciamodellekkel leíró elméletek sorolhatók (*kompetencia alapú meghatározások*). A továbbiakban a műveltség-felfogások sokféleségének érzékeltetésére a három kategória egy-egy gyakran idézett képviselőjének, köztük a két legjelentősebb nemzetközi felmérésorozatot – az IEA TIMSS- és az OECD PISA-program – műveltségkoncepciójának bemutatására kerül sor.

Leíró műveltségkonceptciók

Negyven évvel a *scientific literacy* fogalom megalkotása után Hurd (1998) a természettudományos műveltséget a kultúrában játszott szerepe alapján értelmezi. Hét, a természet és a technika kapcsolatának értelmezéséhez szükséges viselkedésformát nevez meg. Ez alapján a természettudományokban jártas egyén...

- tisztában van azzal, mi a tudás;
- alkalmazza a megfelelő tudományos fogalmakat, alapelveket, törvényeket és elméleteket a világgal való interakciókban;
- használja a természettudományos eljárásokat a problémamegoldásban, a döntéshozásban és a világ megértésében;
- ismeri a természettudományok által hangsúlyozott értékeket;
- megérti és értékeli a természettudományok közös céljait, kapcsolatát egymással és a társadalom különböző aspektusaival;
- egész életén át fejleszti természettudományos tudását;
- rendelkezik számos természettudományi és technikai manipulatív készséggel.

Hurd meghatározásához hasonló műveltségfelfogást tükröz Klopfer (1991) modellje, amelyben a mindenki számára fontos általános tájékozottságot adó természettudományos műveltség magában foglalja az alapvető természettudományos tények, fogalmak, elvek és elméletek ismeretét, azok hétköznapi szituációkban való alkalmazását, a természettudományos vizsgálati eljárások megismerésének és használatának képességét, a tudomány, a technika és a társadalom közötti interakciók természetének átfogó megértését, valamint a természettudományos érdeklődést és attitűdöt.

Klopfer modelljére emlékeztető komponensekből épül fel az ausztrál Nemzeti Értékelési Program – Természettudományos műveltség (NAP–SL³) elméleti hátterét adó, Hackling és Prain által alkotott műveltségmodell. Hackling és Prain (2008. 7. o.; magyarul lásd B. Németh, 2010) a természettudományos műveltséget a természettudományok jellemzőiből, a mindennapi életben való alkalmazást biztosító átfogó fogalmi megértésből, a természettudományi kompetenciákból, a pozitív természettudományi attitűdből és érdeklődésből szerveződő tudásként értelmezi.

3 NAP–SL: *National Assessment Program – Science Literacy* (Nemzeti Értékelési Program – Természettudományos műveltség)

Shen (1975) a természettudományos műveltséget különböző forrásokból, az iskolai és az iskolán kívüli tanulásból származó, a természet-, az orvos- és a műszaki tudományokkal kapcsolatos tudásként írja le. A meghatározó komponensek szerveződése szerint *Shen* három műveltségtípust nevez meg: (1) *gyakorlatias természettudományos műveltséget* (practical science literacy), amellyel megoldhatók a hétköznapi problémái, (2) állampolgári természettudományos műveltséget (*civic science literacy*), amely a természettudományok és az azokhoz kapcsolódó kérdések megértésével biztosítja a társadalmi beilleszkedést, továbbá (3) a tudományos érdeklődést magában foglaló kulturális természettudományos műveltséget (*cultural science literacy*).

Az IEA TIMSS-vizsgálatok által képviselt természettudományos műveltségfelfogás

Az oktatási rendszerek fejlesztésére az egyik legjelentősebb hatással bíró IEA TIMSS⁴ nemzetközi összehasonlító vizsgálatok célja oktatáspolitikai, tantárgy-pedagógiai információk gyűjtése, a tantervi követelmények megvalósulásának, az elsajátított tanterv (*attained curriculum*) színvonalának elemzése (*Olsen*, 2004). A TIMSS-projektek elméleti kereteinek alapja a részt vevő országok hivatalos, a társadalmi elvárásokat indirekt módon közvetítő tantervének (*intended curriculum*) elemzésével előálló nemzetközi kurrikulum-panel (*Mullis és mtsai.*, 2005). A leíró valóságra (*descriptive rationale*) építkező (*Olsen, Lie és Turmo*, 2001) TIMSS-vizsgálatokban mért tudás/műveltség jellemzői a közzétett háttéranyagok, a mérések elméleti keretei alapján azonosíthatók. A felmérések a hagyományosan értelmezett tudományterületekhez kötött tudásra fókuszálnak. A TIMSS-projektek elméleti kereteiből a szakértői tudáshoz közeli szemléletet képviselő, részben *Shamos* (1995) valós természettudományos műveltségre, részben *Laugksch* (2000) tanulásra alapozott, úgynevezett „learned” (tanult), illetve *Roberts* (2007) I. Látásmód kategóriájába sorolható modell körvonalazódik. Az utóbbi két, 2003-ban és 2007-ben

⁴ IEA: *International Association for the Evaluation of Education Achievement*

A TIMSS betűszó önmagában az 1995 és 2007 között lebonyolított négy közös matematika és természettudományos vizsgálatot jelöli (www.timss.bc.edu). Jelentései: 1995-ben TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*); 1999-ben TIMSS-R (*Third International Mathematics and Science Study Repeat*); 2007-től TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*).

végzett TIMSS-felmérésekben felfedezhetők *Bybee* (1997a) procedurális felfogására és *Roberts* II. Látásmód csoportjára jellemző elemek is.

Az IEA-társaság felméréseiben a természettudományos műveltséget explicit formában, definíciószerűen egyedül az 1995-ös TIMSS felmérésben, a középiskola végzős tanulóinak (III. populáció) vizsgálatára készült elméleti keret fogalmazza meg. Ebben a természettudományos műveltség a tudományoknak a hétköznapi feladatok megoldásához szükséges megértése. A dokumentum a mindennapi helyzetekben használható tudás három összetevőjét írja le: (1) a különböző diszciplínák⁵ alapjainak ismeretét, (2) a matematikai, a természet- és műszaki tudományok területén való érvelést (*reasoning*), valamint (3) a természettudomány és a technika társadalmi hatásainak, a matematika, természettudomány és a technika társadalmi hasznosságának (*social utility*) ismeretét (*Orpwood* és *Garden*, 1998. 10–11. o.). Az 1995-ös TIMSS-vizsgálatban az utóbbi két RSU (*Reasoning and Social Utility* / Érvelés és társadalmi hasznosság) komponens csak kis súllyal szerepelt, egyrészt azért, mert kevés, 12 item (az összszámban 15,8%-a) képviselte azokat (*Adams* és *Gonzalez*, 1996), másrészt kevés ország középiskolásai oldották meg ezeket az itemeket (*Orpwood*, 2001).

Fejlődésmodellek

A szakirodalmi elemzések többségében (lásd például *Aikenhead*, 2007; *Gräber*, 2000; *Holbrook* és *Rannikmae*, 2009; *Laugksch*, 2000; *Roberts*, 2007) a műveltségkonceptiók két pólusaként említett *Shamos*⁶ és *Bybee*⁷ modelljei a természettudományos műveltséget a gondolkodás fejlődésével összhangban kialakuló tudásstruktúrájának tekintik. A szerveződés mindkettőben egymásra épülő lépésekben valósul meg. Az egyes szintek különböző komplexitású rendszerei más-más bonyolultságú feladat elvégzését teszik lehetővé (*Bybee*, 1997a; *Shamos*, 1995).

Shamos (1995) szerint a legfejlettebb, legmagasabb szintű, *valós természettudományos műveltség* lényege a fő fogalmi sémák birtoklása, az

⁵ Földtudomány (*Earth science*), Humánbiológia (*Human biology*) és Más élettudományok (*Other life sciences*), Energia (*Energy*) és Egyéb anyagtudományok (*Other physical sciences*).

⁶ *Shamos* (1995) modellje: I. Látásmód (*Roberts*, 2007); metakompetencia (*Gräber*, 2000)

⁷ *Bybee* (1997a) modellje: II. Látásmód (*Roberts*, 2007); tárgyi kompetencia (*Gräber*, 2000)

analitikus és a deduktív gondolkodás fontosságának, az értékeknek, valamint a tudományos problémák jelentőségének felismerése (2.1. ábra). Az ilyen átfogó természettudományos tudás létrejöttének feltétele a tudományos kommunikáció elemeit magában foglaló háttértudás, a *kulturális természettudományi műveltség* és az arra épülő, a természettudományos nyelvhasználatot, a folyamatos szóbeli és írásbeli diskurzust különböző helyzetekben biztosító *funkcionális műveltség*. Shamos (1995) a természettudományok oktatásában a tartalmak közvetítésével szemben a logikus gondolkodás, a mennyiségi elemzések, az értelemgazdag kérdésfeltevés és a helytálló bizonyítékokban való megbízás fontosságát hangsúlyozza (Shamos, 1995).



2.1. ábra. Shamos (1995) és Bybee (1998b) hierarchikus fejlődési modelljei

Bybee (1997a) a műszaki és a természettudományos műveltséget a fogalmi gondolkodás fejlődésével hozza összefüggésbe, a természettudomány és a technika jelenségeinek, összefüggéseinek egyre árnyaltabb megértését eredményező, hierarchikusan egymásra épülő rendszerként írja le. A modell szerint (2.1. ábra) a tanuló tudását kezdetben a kevés jelentéssel bíró fogalmak, összefüggések, a tévképzetek és naiv elméletek jellemzik. Ez a *nominális természettudományos műveltség*, a nagyobb fogalmi rendszerek kialakulásával válik behatárolt kontextusokban stabilan használható tudományos eszközkészletté, *funkcionális természettudományos műveltséggé*. A fejlődés következő szintje az egyes tudományterületek és eljárások szerkezetének megértését, a tudásszerzésben és a technika fejlődésében játszott szerepének felismerését lehetővé tevő *procedurális természettudományos műveltség* szerveződése. Végül a természettudomány fő fogalmi rendszerei többdimenziós struktúrákba rendeződésével kiépül a *multidimenzionális természettudományos műveltség*, melynek birtokában már értelmezhetők a különböző tudományterületek, a tudomány, a technika és a társadalom összefüggései, a természettudománynak a kultúrában, a társadalomban játszott szerepe. Bybee (1997a) szerint erre, a legmagasabb szerveződési szintre elsősorban a természettudományokhoz köthető területeken dolgozóknak van szüksége (Bybee, 1997a; B. Németh, 2008).

Bybee procedurális koncepciójához hasonló átfogó, a mindennapi életben való boldoguláshoz szükséges természettudományos műveltség kialakítására való törekvés jelen van az Egyesült Államok 1996-ban készült Nemzeti Természettudományos Nevelésének Standardjaiban (US *National Science Education Standards* – NSES). A Nemzeti Kutatási Tanács (*National Research Council* – NRC) meghatározása szerint a mindenki számára hasznos természettudományos műveltség alapja az egyéni döntéseket támogató természettudományos fogalmak és eljárások ismerete, megértése (NRC, 1996). A természettudományos műveltség lehetővé teszi a populáris (nem tudományos) sajtó tudománnyal foglalkozó, tudományos eredményekről beszámoló cikkeinek megértését és a következtetések érvényességéről folyó társadalmi diskurzusokba való bekapcsolódást. A természettudományos műveltség magában foglalja a nemzeti és a helyi döntéseket megalapozó tudományos kijelentéseket, valamint a természettudományi és a műszaki tájékozottságra épülő állásfoglalásokat. A természettudományokban művelt polgár képes leírni, magyarázni a természeti jelenségeket, meg tudja ítélni a természettudományos infor-

máció értékét a forrás és a keletkezés módja alapján, képes a bizonyítékkal alátámasztott érveket rendezni, értékelni, továbbá azokat alkalmazni (NRC, 1996. 22. o.; B. Németh, 2010).

A 2005-ben megjelent, átdolgozott értékelési keret a természettudományos műveltség részeként határozza meg a természettudomány történetének, a gondolkodás természettudományos formáinak, a természettudomány társadalmi és egyéni perspektíváinak, valamint a természettudományos kezdeményezések jellemzőinek ismeretét. Mérési szempontból három elemet emel ki: (1) a természettudományos ismereteket, (2) a természettudományos gondolkodást, (3) a természettudományos megismerés sajátosságainak megértését és alkalmazását (Wilson és Bertenthal, 2005. 38–39. o.).

„Az iskolai természettudomány NSES-ben megjelölt céljai szerint az oktatásban részesülő tanulóknak tudniuk kell...

- (i) helyesen használni a tudományos alapelveket és eljárásokat saját döntéseikben;
 - (ii) átérezni a tudásról való tudás és a természeti világ megértésének sokféleségét és érdekességét;
 - (iii) fokozni saját gazdasági produktivitásukat;
 - (iv) értelmesen bekapcsolódni a közélet diskurzusaiba, valamint a természettudomány és a technika kapcsolatának megvitatásába.”
- (Lederman és Lederman, 2007. 350. o.).

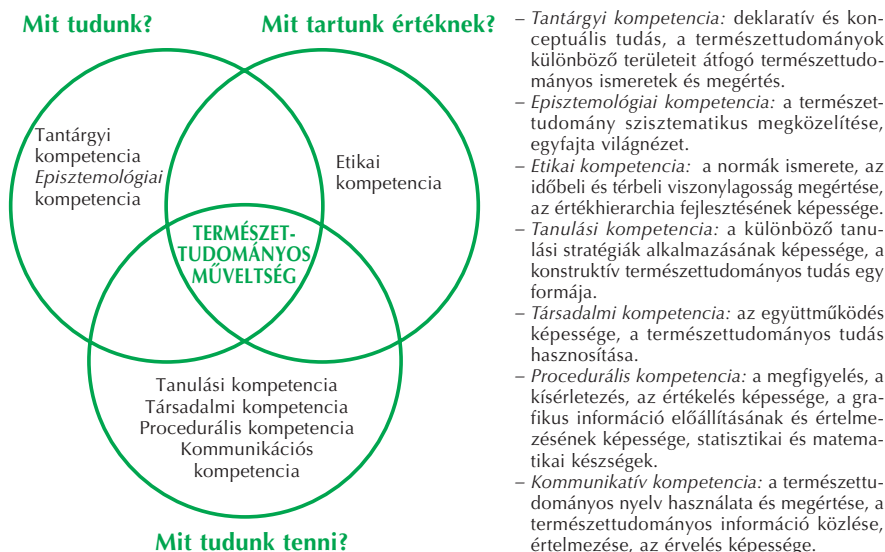
A Bybee-modell hatása felfedezhető az OECD PISA és az UNESCO osztálytermi tevékenységhez kapcsolódó természettudományos és technikai műveltségkoncepciójában (*Scientific and Technological Literacy – STL*) is. Az UNESCO például megkülönböztet:

- *nominális STL-műveltséget* (a tanuló képes azonosítani a természettudományos szakkifejezéseket és fogalmakat);
- *funkcionális STL-műveltséget* (a tanuló ismeri a fogalmakat, de csak korlátozott mértékben érti azokat);
- *strukturális STL-műveltséget* (a tanuló érdekelt egy természettudományos fogalom tanulásában, és tapasztalatai alapján helyesen értelmezi azt);
- *multidimenzionális STL-műveltséget* (a tanuló érti a természettudomány más diszciplínák között elfoglalt helyét, ismeri a természettudományok történetét és jellemzőit, ismeri a természettudomány és a társadalom közötti interakciókat. A műveltség e szintje kifejleszti és megerősíti az élethosszig tartó tanulást, melynek során az egyének

fejlesztik és fenntartják tanulás iránti igényüket, valamint olyan készségekre tesznek szert, amelyek révén kérdéseket tudnak feltenni és megfelelő válaszokat tudnak megfogalmazni (UNESCO, 2001. 21. o.).

Kompetencia alapú megközelítések

A műveltségkonceptiók harmadik nagy csoportja a természettudományos műveltség komplexitását, a feladatmegoldáshoz szükséges tudás összetettségét hangsúlyozza, s az alapvetőnek tartott, elvárt tevékenységeket kompetenciamodellekkel jellemzi. Az egyik leggyakrabban idézett ilyen megközelítés Gräber (2000) modellje, melynek alaptétele, hogy a komplex világunk kihívásaira felkészítő természettudományos műveltség a feladatok megoldásához szükséges kompetenciákból szerveződik. A modellben a természettudományos műveltség három – a „Mit tudunk?”, „Mit tartunk értéknek?” és a „Mit tudunk tenni?” – kérdéskörhöz tartozó kompetenciák metszete, a tantárgyi, az episztemológiai, az etikai, a tanulási, a társadalmi, a procedurális és a kommunikációs kompetenciák komplex rendszere (2.2. ábra).



2.2. ábra. A természettudományos műveltség modellje (Gräber, 2000. 106. o.)

A kompetenciafogalommal nemcsak elméleti műveltségmodelleket építenek, hanem használják a különböző műveltségkonceptiók rendszerbe foglalására és a műveltség fejlődési szintjeinek leírására is. *Klieme* és munkatársai *Weinert* (2001)⁸ kompetenciaelméletét használva leírták a természettudományos kompetenciákat, majd csoportosították a műveltségkonceptiókat (*Klieme és mtsai.*, 2003; magyarul lásd *B. Németh*, 2010). Az oktatás céljai és a valós, konkrét problémák összekapcsolása alapján négy csoportot – normatív, struktúra-, fejlődés- és leíró műveltségmodelleket – különböztettek meg. Ebben a megközelítésben az IEA TIMSS elméleti keretrendszere leíró, *Bybee* (1997a) procedurális megközelítése normatív modell (*Schecker és Parchmann*, 2006. 49. és 52. o.). A német Nemzeti Képzési Standardok (*Nationale Bildungsstandards* – NBS) a természettudományok oktatásának elveit és tradicionális területeit képviselő normatív modellt használva fogalmazza meg három diszciplína (biológia, fizika, kémia) esetében az alsó középiskola (10. évfolyam) végére elvárt követelményeket (*Schecker és Parchmann*, 2007; magyarul lásd *B. Németh*, 2010).

Szintén a kompetencia fogalmára építve jelölik ki Tajvan tantervi standardjai a tanulóktól elvárt követelményeket a különböző oktatási szakaszok végén. Tajvan tantervi standardjai kompetenciaindikátorokkal jellemzik a 2., 4., 6., és 9. évfolyamok végére teljesítendő tudást/műveltséget: (1) műveleti képességek (*process skill*), (2) a természettudomány és a technika megismerése (*cognition of science and technology*), (3) a természettudomány jellemzői (*nature of science*), (4) a technika fejlődése (*development of technology*), (5) természettudományos attitűdök (*scientific attitudes*), (6) gondolkodási formák (*habits of thinking*), (7) a természettudomány alkalmazásai (*applications of science*), (8) tervezés és alkotás (*design and production*) (*Chiu*, 2007; *B. Németh*, 2010).

Az OECD PISA definíciója

Az egyik legismertebb, legnagyobb hatású kompetencia alapú műveltségmodellt az OECD PISA dolgozta ki. A koncepció kiindulópontja – szemben az IEA TIMSS felmérésekével – nem a tanterv által előírt, illetve a tanított tananyag, hanem a szakértői csoport (*Functional Expert Group*) által leírt, a mindennapi életben való boldoguláshoz szükséges természet-

⁸ *Weinert* az OECD-PISA fogalmi rendszerének megalapozója, az OECD-DeSeCo programban a kulcskompetenciák egyik kidolgozója (*Weinert*, 1999; 2001a; 2001b).

tudományos műveltség. A fogalomértelmezés a *Roberts*-féle I., II. és III. Látásmód sajátos kombinációja (*Tiberghein*, 2007), s egyes elemei *Bybee* (1997a) procedurális műveltségi szintjének feleltethetők meg. A modell a gazdasági, társadalmi elvárásoknak megfelelő, a munkaerőpiacra való belépéshez szükséges meghatározó jelentőségű tudást és kompetenciákat írja le (*Olsen, Lie és Turmo*, 2001). A definíció szerint a természettudományos műveltség a mindenki számára szükséges hétköznapi eszköztudás, az alapvető természettudományos tények, fogalmak, elvek, eljárások ismerete és megértése, valamint az azok alkalmazásához szükséges gondolkodási műveletek szervezett rendszere, a tájékozottságon alapuló döntéshozás, következtetések megfogalmazása, amely „általános tájékozottságot, biztonságos eligazodást, áttekintést, a nagy összefüggések átlátását, alkalmazható tudást jelent” (*OECD*, 2000; 9. o. idézi *Csapó*, 2002. 19. o.; *Csapó*, 2008. 18. o.).

A műveltségfogalom a 2006-os felmérésben – ekkor a természettudományos műveltség volt a PISA kiemelt területe – kiegészült a természettudományhoz és technikához kapcsolódó *attitűddel*, amit mint természettudományos érdeklődést, a természettudományos kutatás támogatását, továbbá mint a felelős viselkedést, a természet és annak kutatása iránti motivációt értelmeztek (*OECD*, 2006. 35–36. o.; *B. Németh*, 2008; *B. Németh, Korom és Nagy L.-né*, 2011).

A Természettudományos Szakértői Csoport (*Science Expert Group*) meghatározása szerint a természettudományos műveltség...

- a természettudományos ismeretek alkalmazása kérdések azonosításában, új tudás megszerzésében, a természettudományos jelenségek magyarázatában és a bizonyítékokra alapozott következtetések megfogalmazásában;
- a természettudomány jellemző sajátosságainak mint az emberi tudás és kutatás egyik formájának megértése;
- a természettudomány és a technika anyagi, szellemi és kulturális környezetet alakító hatásainak ismerete;
- hajlandóság a természettudományokhoz kapcsolódó kérdésekkel, természettudományos elméletekkel való foglalkozásra (*OECD*, 2006. 23. o.).

Az átfogó szakirodalmi elemzések megmutatták, hogy a természettudományos műveltség koncepciói az oktatási rendszerek hivatalos tanügyi dokumentumaiban, a mérési programok elméleti kereteiben a természet-

tudományok egymással, illetve más tudományterületekkel (például a társadalomtudományokkal) való kapcsolata szerint igen sokfélék (*Aikenhead*, 2007; *Roberts*, 2007). Az oktatási, nevelési és értékelési célokat szolgáló dokumentumok (elméleti keretek, standardok) alapját valamely explicit (pl. az ausztrál, német standardok) vagy implicit (pl. az Amerikai Egyesült Államok standardjai, IEA-vizsgálatok elméleti keretei) formában használt műveltségmodell képezi. Az elméleti munkák a műveltséget a természettudományokban jártas egyén jellemzésével, az elvárt aktivitások körének megadásával, a kívánt tevékenységet azonosító paraméterek (tartalmi, kognitív és kontextuális dimenziók) meghatározásával és az affektív sajátosságokkal (pl. érzelmi viszonyulás) írják le.

A természettudományos műveltség értékelése

A szinte áttekinthetetlenül sokféle koncepcióban közös, hogy a természettudományos műveltséget működőképes, különböző szituációkban használható, az aktuális problémák megoldását lehetővé tevő tudásként definiálja. A feladatokat sikeres végrehajtásához tudni kell, hogy mivel mit kell tenni, és az adott tevékenységet végre is kell tudni hajtani. Közismert, hogy az ismerős környezet (szituáció) segíti a feladatmegoldást. Tanuláskor ugyanis az ismeretekkel együtt a tanulás körülményei is rögzülnek, és a feladatok megoldásához szükséges tudás előhívását a tanulási és a felhasználási szituáció hasonlósága befolyásolja (*Tulving*, 1979; *Wisemann* és *Tulving*, 1976). A közvetíteni és/vagy mérni kívánt tudás/műveltség tehát az elvárt aktivitáshoz szükséges ismeretek és készségek, képességek vagy kompetenciák, valamint a szituációk, a tevékenység körülményeinek meghatározásával, a tartalmi, a kognitív és a kontextusdimenziók megadásával írható le.

Az intézményes oktatás egyik alapproblémája a tanulási szituációtól eltérő helyzetekben, ismeretlen feladatok megoldásában is alkalmazható tudás közvetítése. A természettudományos és műszaki tudás a „Mit?”, a „Hogyan?” és a „Hol, milyen körülmények között tudni?” kérdésekre adott válaszokkal írható le (*Bybee*, 1997a). Az oktatási célok és a tanulói teljesítmények operacionalizálása leggyakrabban a tanulás és a tudás tárgyának (tartalmának, az ismereteknek – Mit tudni?) és a kognitív mechanizmusoknak (Tudni, hogyan?) a rögzítésével történik (pl. az IEA

TIMSS-vizsgálatokban). Viszonylag kevés a háromdimenziós, a transzfert vagy a kontextust integráló taxonómia (ilyen pl. a PISA, lásd *OECD*, 2000; 2006).

Az értékelés tartalmi kérdései

A tevékenység tárgyának (tartalom) leírására a szakirodalomban két megoldás ismert. Az elvárt, illetve mérni kívánt tudás operacionalizálását segítő elméleti munkákban az egyes kategóriákat az ismeretek típusai adják. Például *Báthory Zoltán* (2000) tényeket, fogalmakat, összefüggéseket, *Anderson és Krathwohl*, (2001), illetve *Anderson* (2005. 10. o.) tényeket, fogalmakat, valamint a procedurális és a metakognitív tudás tartalmi elemeit különbözteti meg.

A tartalmak széles skáláját átfogó tantervi és értékelési standardok, értékelési keretrendszerek az ismereteket a műveltségdefiníciónak megfelelő általános szempontok, a természettudományok diszciplínái, illetve azok integrált tematikus egységei szerint kategorizálják. Az átfogó kategóriákat többszintű, a konkrét tudástartalmakat megjelölő résztémákra bontják. Például *Kloppfer* a következő fő tartalmi kategóriákat különbözteti meg: A sejt szerkezete és funkciói, Kémiai változások, Elektrokémia, Hang, Dinamika, Naprendszer, Óceanográfia, a Természettudományok jellemzői és szerkezete (*Kloppfer*, 1971. 561–641. o.).

Az Amerikai Egyesült Államokban a Nemzeti Természettudományos Nevelés Standardok (NSES) szervező elveit a „Tudomány története és természete”, a „Tudomány és a technika személyes és társadalmi perspektívái”, az „Élet-, az anyagtudományok”, valamint a „Föld és a világűr” témakörök adják (*Ellis*, 2003. 39. o.). Az NSES a tartalmak nyolc kategóriáját különbözteti meg: (1) Vizsgálódás (*Inquiry*), (2) Fizika (*Physical Science*), Biológia (*Biological Science*), Föld és a világűr (*Earth and Space*), Átfogó fogalmak és eljárások (*Unifying Concept and Process*), Tudomány és technika (*Science and Technology*), Tudomány a társadalmi és a személyi távlatokban (*Science in Social and Personal Perspectives*), A természettudomány története és jellemzői (*History and Nature of Science*) (*NRC*, 1996.).

Az ausztrál Nemzeti Mérési Programban a természettudományos műveltség az állami és területi tantervek alapján négy tartalmi területet fed

le: (1) A Föld és azon kívül (*Earth and Beyond*), (2) Energia és változás (*Energy and Change*), (3) Élet és élő (*Life and Living*), (4) Természetes és mesterséges anyagok (*Natural and Processed Materials*) (MCEETYA, 2006. 83. o.). Tajvanon a mérendő tartalmak rendszerét öt területtel fedik le: (1) A természet alkotóelemei és tulajdonságai (*Composition and properties of nature*), (2) A természet hatása (*Effect of nature*), (3) Evolúció és folytonosság (*Evolution and continuity*), (4) Élet és környezet (*Life and environment*), (5) Fenntartható fejlődés (*Sustainable development*). Az öt alapkategória további tagolása átfogó, könnyen áttekinthető rendszert ad. Például „A természet hatása” fő terület „Változás és egyensúly” (*Change and equilibrium*) altémája a „Mozgás és erő” (*Movement and force*), „Kémiai reakciók” (*Chemical reaction*), „Kémiai egyensúlyok” (*Chemical equilibrium*) ismeretsportokat foglalja magában (Chiu, 2007. 311. o.).

A három, hagyományos természettudományos diszciplína követelményeit rögzítő német Nemzeti Képzési Standardokban (NBS) a tartalmi dimenziót alapfogalmaknak (*basic concepts*) nevezik. Az alapkategóriák a biológia, a fizika és a kémia tudományterületének klasszikus kérdései. A fizika standardjaiban rögzített ismeretek például az Anyag (*matter*), az Energia (*energy*), a Kölcsönhatás (*interaction*) és a Rendszer (*system*) témakörökhöz tartoznak (Schecker és Parchmann, 2007).

Az IEA-társaság természettudományos felméréseinek tartalmi dimenziója szintén követi a természettudományos diszciplínák szerinti tagolódást. Valamennyi eddigi vizsgálat tematikus egységei között jelen van a biológia/élettudomány (*Biology/Life science*), a földtudomány (*Earth science*) és a két anyagtudomány (*Physical sciences*), a kémia és a fizika. A hagyományosan értelmezett természettudományokat képviselő kategóriák az 1995-ös TIMSS-ben a „Környezeti kérdések és a tudomány természete” (*Environmental issues and the nature of science*), az 1999-es TIMSS-ben a „Környezeti és erőforrásokkal kapcsolatos kérdések” (*Environmental and resource issues*), valamint a „Tudományos kutatás és a tudomány jellemzői” (*Scientific inquiry and the nature of science*). Ezek a 2003-as TIMSS-ben a „Környezettudomány” (*Environmental sciences*) témakörökkel egészülnek ki. A tartalmi dimenzió fő- és alegységei, illetve azok arányai az évek során alig változtak. Bár a legutóbbi két felmérésben a vizsgált területek közel azonos súllyal szerepeltek, összességében a biológia (vagy élettudomány) és a fizika túlsúlya jellemző (Beaton és mtsai,

1996; Keeves, 1992a. 64. o.; Martin és mtsai., 2000; Mullis és mtsai., 2001. 37–70. o.; 2005. 41–77. o.; 2009. 50. o.; B. Németh, 2008).

A PISA vizsgálatokban olyan tartalmi tudáselemek kiválasztása volt a cél, amelyek relevánsak, hasznosak az életszerű szituációkban, reprezentálják az alapvető természettudományos ismereteket, és fontosak a munkaerőpiacon (OECD, 1999. 63. o.; 2006. 32–33. o.). A PISA vizsgálatokban nem kiválasztási szempont sem az előírt, sem a tanított tananyag, azonban a kijelölt tartalmak egy része jelen van a részt vevő országok természettudományos tantárgyainak témaköreiben (Olsen, Lie és Turmo, 2001).

Az első két (2000-ben és 2003-ban lebonyolított) PISA-vizsgálat ismeret dimenzióját a mindennapokban lényeges, környezetünk bizonyos jellemzőinek értelmezéséhez, magyarázatához szükséges integráló fogalmakból, ismeretelemekből álló tizenhárom, a természettudományos diszciplínákhoz kapcsolható témakör alkotja. Például: „Kémiai és fizikai változások” (*Chemical and physical changes*), „Erő és mozgás” (*Forces and movement*), Humánbiológia (*Human biology*), Légköri változások (*Atmospheric change*) stb. (OECD, 1999. 64. o.; 2003. 136. o.; B. Németh, 2008).

A 2006-os PISA vizsgálatban, amikor a természettudomány volt a kiemelt műveltségterület, a mért tartalmat a természet megértéséhez szükséges, a természetről és a természettudományról szóló ismeretek rendszere adta. Az *Ismeret* dimenzió két nagy területének, a természettudományos ismereteknek, illetve a természettudományra vonatkozó ismereteknek az aránya a tesztekben 3:2 volt (OECD, 2006). A természettudományos ismeretek kategóriát a természettudomány négy fő területének a Fizikai rendszerek az Élő rendszerek, a Föld és a világegyetem, valamint a Technológiai rendszerek (*Physical systems, Living systems, Earth and space systems, Technology systems*) tematikus egységei alkotják. Az Élő rendszerek terület például a Sejtek, az Ember, a Populációk, az Ökoszisztémák és a Bioszféra (*Cells, Humans, Populations, Ecosystems, Biosphere*) témakörökből épült fel. A természettudományok jellemzőinek ismerete (*knowledge about science*) kategória két témát érintett: a természettudományos magyarázatokat (*scientific explanations*) és a tudományos vizsgálódást (*scientific inquiry*). Ez utóbbi részterületei például a mérések (*measurements*), az adatok típusai (*data type*), az eredmények jellemzői (*characteristics of results*) stb.

Az értékelés kognitív dimenziója

Valamennyi műveltségmodell a természettudományos műveltséget – szemlélettől, hangsúlyoktól, formától függetlenül – alkalmazható tudásként határozza meg. Az alkalmazás fogalmát sokan és sokféle felfogásban használják. Például *Sternberg* (1985) a kreatív gondolkodás hét lépése között negyedikként az alkalmazást (*application*) jelöli meg, és a régi, valamint az új fogalmak extrapolációjával való szabályalkotásként értelmezi. *Passey* (1999) az absztrakcióval és a transzferrel állítja párhuzamba.

A neveléstudományban az alkalmazás fogalmát általában a működés, a tudás eszközként való használatának szinonimájaként használják. A különféle értelmezések rendszerint a feladatok elvégzéséhez szükséges tevékenységekhez kötik (számolás, értelmezés, ábrázolás, összekapcsolás, módosítás, kiegészítés, bizonyítás stb.; pl. *Anderson és Krathwohl*, 2001; *Mullis és mtsai.*, 2005. 41–77. o; *Nagy*, 1979). *Huit* (2004) az alkalmazást mint az adatoknak és alapelveknek a problémák vagy feladatok megoldásában való használatát, továbbá mint szelektálást és transzfert definiálja. Egy másik megközelítésben⁹ az alkalmazás az információ (szabályok, módszerek, elméletek) szelektálása és használata új és konkrét kontextusban, feladatok és problémák megoldásában. *Nagy József* (1979) értelmezésében az alkalmazás operatív (átalakító) és kognitív (megismerő) tevékenység.

A neveléstudományi szakirodalom azt a tudást tekinti alkalmazhatónak, amelynek segítségével eredményesen kezelhetők az aktuális és konkrét helyzetek. Ebben az értelmezési keretben a természettudományos műveltséget mint alkalmazható tudást a „Hogyan kell tudni?”, a „Mit kell tudni tenni?” kérdésekre adott válaszok jellemzik. A kívánt viselkedést különböző kognitív taxonómiák foglalják hierarchikus rendszerbe. Az alkalmazás számos taxonómiában önálló, az *apply*, *applying*, *application* (alkalmazás, alkalmaz) angol szavakkal jelölt kategória (lásd pl. az IEA Első Nemzetközi Természettudományos Vizsgálatát – *Commers és Keevs*, 1973; *Mullis és mtsai.*, 2009. 50. o.; továbbá *Anderson és Krathwohl*, 2001; *Bloom*, 1956; *Madaus és mtsai.*, 1973). A tantervi és értékelési standardok a kognitív aktivitást leggyakrabban a Bloom-taxonómiára emlékeztető, annak továbbfejlesztett változatával és kompetenciamodellekkel írják le.

⁹ Letölthető: <http://www.lifescied.org/cgi/content/full/1/3/63>

Bloom (1956) rendszerét sokan bírálták, s bírálják ma is, azonban átdolgozott formában még többen használták és használják az oktatási célok és értékelési szempontok kidolgozásában. *Bloom* szisztematikus, taxonómikus szemléletet megalapozó hierarchikus rendszerének alsó három szintje, az ismeret (*knowledge*), a megértés (*comprehension*) és az alkalmazás (*application*) kisebb terminológiai (például *knowledge/recall*; *comprehension/understanding*) és értelmezési módosításokkal lényegében ma is jelen van az elméleti keretrendszerekben. A szakirodalom főként a magasabb rendű gondolkodási műveletek, az analízis, a szintézis és az értékelés értelmezhetőségét, megkülönböztethetőségét és viszonyát vitatja. Például *Anderson és Krathwohl* (2001) modellje az értékelés és az általuk alkotásnak (*creating*) nevezett szintézis sorrendjét cseréli fel. *Madaus és munkatársai* (1973) az analízist és a szintézist, *Huit* (2004) a szintézist és az értékelést, *Johnson és Fuller* (2006) mindhármát azonos nehézségi szintű tevékenységeknek tekinti. *Johnson és Fuller* (2007. 121. o.) a hierarchia csúcsán egy újabb kategóriát határoz meg, és azt magasabb szintű alkalmazásnak (*higher application*) nevezi.

Az IEA-vizsgálatok során a Bloom-taxonómia alapján kialakított műveleti rendszert használják. Az Első (*First International Science Study – FISS*) és a Második Nemzetközi Természettudományos Vizsgálat (*Second International Science Study – SISS*) kognitív dimenziója például az ismeret, a megértés, az alkalmazás és a magasabb rendű gondolkodási műveletek szintekből állt (*Báthory*, 1979; *Commers és Keevs*, 1973). A 2003-as és a 2007-es IEA TIMSS-vizsgálat három kognitív kategóriája más-más terminológiával, de lényegében ugyanazokat a műveleteket foglalja össze. A ténytudás/ismeret (*factual knowledge/knowing*) kategória nevében is, a fogalmi megértés/alkalmazás (*conceptual understanding/applying*) és a magasabb rendű műveleteket felsorakoztató érvelés és elemzés/érvelés (*reasoning and analysis/reasoning*) kategóriák pedig a tartalmukban hordozzák a bloomi alapokat (*Mullis és mtsai.*, 2001. 37–70. o.; 2005. 41–77. o.). E három szint műveleteinek¹⁰ többsége – különböző súllyal – valamennyi IEA felmérés elméleti keretrendszerében megtalálható. Az alkalmazás (*application/applying*) a kognitív dimenzió kö-

10 *Ténytudás/ismeret*: tények, információk, összefüggések, eszközök, eljárások ismerete, használata, összefüggések megértése – *Fogalmi megértés/alkalmazás* például: összefüggések megértése, hasonlóságok és különbségek felfedezése, magyarázatok megfogalmazása – *érvelés és elemzés/érvelés* például: folyamatok értelmezése, problémák elemzése és megoldása, vizsgálatok kivitelezése stb.

zépső kategóriája a FISS, a SISS, a 2007-es és a 2011-re tervezett TIMSS felmérésekben (Commers és Keevs, 1973; Keevs, 1992a; Mullis és mtsai., 2005. 41–77. o.; 2009. 88–89. o.).

A kognitív szemlélet terjedését és a műveltségfelfogás változását jelzi, hogy a 2003-as, a 2007-es és a 2011-re tervezett TIMSS felmérésekben lényegesen csökkent (69–70%-ról 30%-ra) az ismeret szintű tudást (az egyszerű és az összetett információk megértését, illetve a ténytudást) mérő itemek aránya, s megjelent a következtések levonása, az általánosítás, a magyarázatok igazolása, megoldások igazolása és értékelése, példák felsorolása (lásd B. Németh, 2008. 5. és 6. táblázat; Mullis és mtsai., 2009. 50. o.). A tudásról való gondolkodás változását mutatja az is, hogy a legutóbbi három TIMSS-vizsgálatban felfedezhetők a PISA programban is szereplő kategóriák, például a tudományos vizsgálódás, a tudományos eredmények kommunikálása, a tudományos eredmények sajátosságainak ismerete, a természettudomány, a matematika és a technika kölcsönhatásainak megértése, következtetések megfogalmazása (Mullis és mtsai., 2001. 69. o.; 2005. 76. o.; 2009. 88–89. o.). E kategóriák értelmezése közel áll a PISA-vizsgálatokban megjelenő tudáselemekhez, azonban súlyuk csekély (Olsen, 2005. 26. o.).

A PISA programban a mérni kívánt tudás műveleti, kognitív dimenzióját kompetenciák rendszere alkotja. Az első két vizsgálatban, mivel a korlátozott keretek nem tették lehetővé a műveltségkonceptió lefedését, a természettudományos eljárásoknak (*scientific process*) nevezett kognitív dimenzió a természettudományos gondolkodás és a tudás alkalmazásának konkrét folyamatai közül válogat átfogó szintek felállítása nélkül. Olyan tevékenységeket jelöl meg, mint például a fogalmak, jelenségek és bizonyítékok értelmezése (*interpreting scientific concepts, phenomena and evidence*); következtetések megfogalmazása vagy megítélése (*drawing or evaluating conclusions*); tudományos vizsgálatok megértése (*understanding scientific investigations*) (OECD, 1999. 62. o.; 2003. 137. o.). A 2006-os PISA-felmérés három nagy kompetenciakategóriát határozott meg: a (1) tudományos kérdések azonosítása (*identifying scientific issues*), (2) jelenségek tudományos magyarázata (*explaining phenomena scientifically*) és (3) tudományos bizonyítékok használata (*using scientific evidence*).

A normatív kompetenciamodellre felépített német műveltségkonceptiót lefedő Nemzeti Képzési Standardok (NBS) az elvárt képességeket, tevékenységeköröket négy kompetenciaterülettel írják le: (1) tárgyi tudás

(*subject knowledge*), (2) az ismeretelméleti és (3) a módszertani tudás alkalmazása (*application of epistemological and methodological knowledge*), valamint (4) a kommunikáció, megítélés, véleményalkotás (*judgment*) (Schecker és Parchmann, 2007).

Az ausztrál NAP–SL struktúrája a többi nemzeti standardhoz hasonló elemeket tartalmaz, de más elméleti megfontolásokból indul ki, és három tevékenységgörte különít el: (1) kutatási kérdések és hipotézisek megfogalmazása és felismerése; vizsgálatok tervezése és bizonyítékok gyűjtése; (2) bizonyítékok értelmezése és következtetések megfogalmazása saját és mások adatainak felhasználásával; a bizonyítékok hitelességének kritikája, az eredmények kommunikálása; (3) a természeti jelenségek tudományos leírása és magyarázata, továbbá a jelenségekről készült leírások értelmezése (MCEETYA, 2006. 3–4. o.). A három tevékenységgörte magában foglalja a természettudományos műveltség PISA-vizsgálatokban meghatározott elemeit – a természettudományos kutatási kérdések és a bizonyítékok felismerése, következtetések megfogalmazása, értékelése és kommunikálása, a fogalmak megértésének demonstrálása – (MCEETYA, 2006; OECD, 1999).

Mindhárom tevékenységgörte hat nehézségi szintre tagolódik, melyek elméleti háttérét a Piaget (1929) kognitív fejlődéselméletére alapozott, kvalitatív értékelési modell, a Biggs és Collis (1982) által kidolgozott SOLO-taxonómia adja (*Structure of Observed Learning Outcomes taxonomy* – Megfigyelt Tanulási Eredmények Szerkezete). Biggs és Collis (1982) abból indult ki, hogy a fogalmak és a képességek fejlődésének természetes, életkorfüggő, egymásra épülő stádiumai vannak. A tanulás során végbenő kvalitatív és kvantitatív változások, a megértés szintjének növekedése, a struktúra összetettségének változása tükröződik a tanulói teljesítményekben. A modell a válaszok minőségét – a komplexitás és az absztrakció mértéke szerint – Piaget (1929) kognitív fejlődési stádiumaival¹¹ analógiát mutató öt szintbe sorolja: struktúra előtti (*pre-structural*), egyszerű struktúrájú (*unistructural*), multistrukturális (*multistructural*), relációs (*relational*) és kiterjesztett absztrakt (*extended abstract*) (Biggs és Collis, 1982; Biggs és Tang, 2007).

A NAP–SL a három tevékenységtartományt a SOLO-taxonómia közepe három (egyszerű, összetett és összefüggő) szintjének konkrét és

¹¹ Szenzomotoros, ikonikus, konkrét és formális.

absztrakt formáit megkülönböztetve hat, az 1–6. évfolyamos tanulók fejlettségét tükröző szintre bontja. Ezek a következők:

1. szint: konkrét egyszerű struktúra (*concrete unistructural*): konkrét, egyszerű válaszok egy adott helyzetben;
2. szint: konkrét összetett struktúra (*concrete multistructural*): konkrét, összetett válaszok különböző, független helyzetekben;
3. szint: konkrét összefüggés (*concrete relational*): konkrét, összefüggő válaszok, általánosítás;
4. szint: absztrakt egyszerű struktúra (*abstract unistructural*): absztrakt fogalmi rendszerek használata adott helyzetben;
5. szint: absztrakt összetett struktúra (*abstract multistructural*): absztrakt fogalmi rendszerek használata különböző, független helyzetekben;
6. szint: absztrakt összefüggések (*abstract relational*): absztrakt fogalmi rendszerek használata az általánosításban (MCEETYA, 2006. 81–82. o.)

A tudás alkalmazásának körülményei, az értékelés kontextusa

Napjainkban széles körű gazdasági és társadalmi elvárás a különböző forrásokból, iskolai és iskolán kívüli tanulásból származó, valós élethelyzetekben működőképes tudás. Szakirodalmi elemzések szerint a természettudományok hagyományos iskolai oktatása, a tiszta természettudományt (*pure science*) tartalmazó tantervek kevés tanulónak nyújtanak a hétköznapi életben használható tudást (Calabrese Barton és Yang, 2000; Rennie és Johnston, 2004; Roth és Désautels, 2004; Ryder, 2001), a többség azt a természettudományokhoz köthető nem tanórai szituációkban, személyes tapasztalatokon keresztül szerzi meg (Aikenhead, 2006; Rennie, 2006). Az iskolában szerzett tudás hétköznapi alkalmazhatóságának gyakran átélt nehézségei jórészt az elsajátítási és a felhasználási szituáció különbözőségeiből adódnak (Csapó, 2002). Tanuláskor ugyanis az emberi gondolkodás és tevékenység adaptálódik a környezethez (Clancey, 1992), az információfeldolgozás során az elsajátítandó tudáselemből (ismeret, készség, képesség) és kontextusból álló emléknym keletkezik (Wisemann és Tulving, 1976). Wisemann és Tulving bizonyítékot találtak arra, hogy a memóriaelemek aktiválását a tárolt és az előhíváskor elérhető

információ viszonya, a tanulás és a felhasználás kontextusának hasonlósága befolyásolja (Tulving, 1979). Ez alapján a tudás aktiválása az elsajátítással azonos vagy ahhoz hasonló szituációkban könnyebb, mint ismeretlen, a memóriában nem reprezentált környezetben. A tudás szituatív jellege (Clancey, 1992), kontextushoz kötöttsége befolyásolja, bizonyos esetekben segíti, másokban gátolja annak különböző feladathelyzetekben való használhatóságát (Schneider, Healy, Ericsson és Bourne, 1995). A dekontextualizált, tapasztalathiányos iskolai tanulás nehézségeket okoz(hat) az iskolában szerzett tudás megértésében és tanórán kívüli alkalmazásában (Csapó, 2001). A működőképes tudást előíró követelményeknek ezért az alkalmazás kontextusát is rögzíteni kell.

A közvetített és az elvárt tudás tartalmi és kognitív dimenzióinak taxonimizálása több évtizedes hagyományokkal rendelkezik (lásd pl. Klopffer, 1971; Combers és Keevs, 1973; Beaton és mtsai., 1996a; Báthory, 2000; Anderson és Krathwohl, 2001; Mullis és mtsai., 2001, 2005; 2009), a kontextusok részletes leírására csak ritkán kerül sor. A tartalmi és értékelési követelmények többsége a tudásalkalmazás körülményeit vagy új, ismert, ismeretlen, életszerű, realisztikus, autentikus, valós, mindennapi jelzőkkel illeti konkrét paraméterek megnevezése nélkül. Például Ausztráliában ugyan a mérés mindhárom tevékenységtartományban, valamilyeni műveleti szinten és fogalmi kategóriában életszerű kontextust megjelenítő autentikus feladatokkal folyik (MCEETYA, 2006. 3–4. o.), részletes kontextustaxonómiát azonban nem dolgoztak ki. Anderson ismerős és ismeretlen helyzetekben való alkalmazást különböztet meg, az előzőt teljesítésnek/végrehajtásnak (*executing*), utóbbit megvalósításnak/kivitelezésnek (*implementing*) nevezi (Anderson, 2005. 9. o.). Néhány taxonómia a kognitív viselkedés alkalmazási szintjét bontja alkategóriákra az adott tartalom felhasználási körülményeinek, kontextusának megjelölésével. Klopffer (1971. 561–641. o.) az első értékelési kézikönyvben a természettudományos tudás és módszerek alkalmazásának három alkategóriáját jelöli meg, az új problémák alkalmazását a tudomány különböző területein, valamint a természettudományon és a technikán kívül.

A természettudományos ismeretek hétköznapi szituációkat megjelenítő feladatokban való vizsgálata nemzetközi szinten először 1995-ben, az első IEA TIMSS felmérésben fedezhető fel.¹² Azonban a tudásalkalmazás

12 A későbbi IEA-TIMSS-vizsgálatokban a természettudományos tudás mérésében ismét a tudományos terminológia dominál, és a hétköznapi szituáció mint feladatkörnyezet nem jellemző.

körülményeinek szisztematikus leírására, a *kontextus* differenciált rendszerének kidolgozására és a mért tudás paraméterei közé integrálására csak az ezredfordulón, az OECD PISA programjának természettudományos műveltségvizsgálatában került sor. A PISA-vizsgálatokban használt kontextusok a műveltségdefiníciónak megfelelően a *realisztikus vagy életszerű*, illetve az *ismeretlen vagy az iskolai tanulási szituációktól eltérő* kategóriákba sorolhatók, és a természettudományhoz, illetve a technika-hoz kapcsolható élethelyzeteket jelenítenek meg (OECD, 2006). A PISA kétdimenziós taxonómiát használ. A feladatkörnyezet leírásának egyik szempontját a természettudományok és a technika megfelelő témakörei, az egészséghez, a természeti kincsekhez, a környezethez, a tudomány és a technika veszélyeihez, korlátaihoz kapcsolódó aktuális kérdések adják. Másik szempontját a személyes (egyéni, családi, kortárs), a társadalmi (közösségi), illetve az emberiség egészét érintő globális problémákat képviselő szituációk alkotják¹³ (OECD, 2006. 27. o.). A PISA 2006 olyan kontextusokban vizsgálta a természettudományos kompetenciák működését, amelyeknek konkrét szerepük van az egyén és a közösség életszínvonalának fenntartásában és növelésében. A feladatkörnyezet kiválasztásakor azt is szem előtt tartották, hogy a feladatokban megjelenő szituációk valamennyi részt vevő ország tanulói számára ismerősek, érdekesek és fontosak legyenek (OECD, 2006. 26–28. o.)

Összegzés

A szakirodalom a természettudományos műveltség koncepcióinak nehezen áttekinthető sokféleségét vonultatja fel. A természettudományok oktatásának alapvető céljait, elveit és feladatait kifejező természettudományos műveltségnek (*scientific literacy/science literacy*) – nincs általánosan elfogadott értelmezése (Bybee, 1997b; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Roberts, 2007). A természettudományok oktatásának és értékelésének tartalmi és értékelési keretei teoretikus modellek implicit (pl. az IEA felmérések), illetve explicit (pl. az ausztrál NAP–SL, a német NBS) felhasználásával felépített egyedi rendszerek. Vannak elméleti modellek,

¹³ A 2000-es és 2003-as vizsgálatban a tudomány- és a technikatörténeti vonatkozású kérdések is szerepeltek.

amelyek a természettudományos tudást/műveltséget a művelt embertől elvárt aktivitással és affektív tulajdonságokkal írják le. Más részük a gondolkodás szerveződésével kiépülő fejlődési szintek műveltségformáinak egyre bonyolultabb tevékenységeivel (pl. *Bybee*, 1997a; *Shamos*, 1995), illetve kompetenciákkal (pl. *Gräber*, 2000) jellemzi.

Átfogó szakirodalmi elemzések szerint (lásd pl. *Aikenhead*, 2007; *Jenkins*, 1994; *Laugksch*, 2000; *Pella és mtsai.*, 1966; *Roberts*, 2007) az egyedi, szemléletben, hangsúlyokban, szerkezetben különböző koncepciók általános elvárásai hasonlóak, lényegében azonos szempontok szerint, közös elemekből építkeznek. Általános kritérium például a közvetített és az elsajátított természettudományos tudás egyéni és társadalmi relevanciája. Erőteljes a konszenzus abban, hogy a természettudományos műveltség összetett, többdimenziós tudásstruktúra (*Roberts*, 2007), amely magában foglalja

- a természetre vonatkozó tudást, a természettudományok legfontosabb fogalmainak, elveinek, módszereinek ismeretét, megértését és alkalmazását;
- az értékeknek, a természettudományok jellemzőinek, céljainak, korlátainak ismeretét;
- a gondolkodási műveletek szervezett rendszerét, az alkalmazáshoz szükséges kompetenciákat;
- a gondolkodás természettudományos formáit;
- a természettudományos érdeklődést és attitűdöket (*Hurd*, 2003; *Jenkins*, 1994).

A gyakorlatban használt tantervi és értékelési standardok közősek abban, hogy a metaforikus *scientific/science literacy* fogalomhasználatot, az általános műveltségdefiníciót kevésbé univerzális leírások egészítik ki (*Holbrook és Rannikmae*, 2009). A részletes követelmények az elvárt, illetve mérni kívánt tudást, annak fejlődését, szerveződését követve a tudás működőképességét meghatározó három szempont, a tartalom („Mit kell tudni?”), a gondolkodás („Hogyan kell tudni?”) és a kontextus („Hol/milyen szituációban kell tudni?”) mentén rögzítik. E három paraméter képezi az alapját a változó elvek szerint szervezett, különböző terminológiával kialakított elméleti keretrendszereknek.

A természettudományos standardokban a kontextus leggyakrabban olyan, a természettudományokhoz köthető nem tanórai szituációkat jelent, amelyekben a kijelölt ismeretek (tartalmak) érvényesülnek. A kontextus

általában egységes, a mindennapi, valós, életszerű realiztikus jelzőkkel jellemzett, átfogó kategória. A tudásalkalmazás körülményeinek differenciált leírását, több szempontú rendszerezését (személyes, társadalmi és globális kontextusban megjelenő kérdések, problémák) kizárólag a PISA alkalmazza (OECD, 2006).

A természettudományos nevelés és tudás-/műveltségmérés elméleti kereteiben az elvárt, illetve mérni kívánt kognitív aktivitást különböző kognitív taxonómiák és kompetenciák foglalják rendszerbe. A különböző elvi alapokra építkező és más-más nevezéktant használó standardok többségében követelmény például a megértés, az alkalmazás, a természettudományok módszereinek ismerete és használata, a természettudományos jelenségek leírása, magyarázata, a természettudományi kommunikáció, a következtetések megfogalmazása.

A műveltségkoncepciók leginkább a tartalmi dimenzió szerint különböznek. Az ismeretek rendszerbe foglalásának módja, a főbb kategóriák kijelölése a természettudományok egymáshoz való viszonyának értelmezésétől (diszciplináris vagy integrált szemléletmód) és a természettudományok oktatásban játszott szerepének megítélésétől függ. A természettudományok diszciplináris, inter- és multidiszciplináris felfogását jelentősen befolyásolják a nemzeti sajátosságok, a kulturális hagyományok, az oktatás tradíciói és az aktuális nevelési célok. A tantervi és értékelési standardokban a természettudományos tudás/műveltség értelmezésének a természettudományok egymáshoz és más diszciplinákhoz való viszonya alapján két, jól elkülönülő csoportja van (Roberts-féle látásmódok, Roberts, 2007). Az egyiket a hagyományosan értelmezett természettudományi diszciplinákra fókuszáló állásfoglalások képviselik (pl. a német NBS, lásd Schecker és Parchmann, 2006.), a másikat a természet- és a társadalomtudományokat integráló (pl. Tajvan: Chiu, 2007; Izrael: Mamlok-Naaman, 2007) nézetek adják. Többségben vannak a természettudományos diszciplinákat különböző formában és szinten integráló felfogások.

Explicit természettudományos műveltségmodellt a magyar szakirodalomban, oktatásügyi dokumentumokban nem találtunk. A Nemzeti alaptanterv 2007-es változata, a kerettantervek és az érettségi vizsgakövetelmények alapján körvonalazódó kép szerint Magyarországon a természettudományos nevelés szemléletében, módszereiben és szerkezetében jelentős mértékben diszciplínaorientált. Az oktatás a 7–12. évfolyamokon a hagyományos tudományterületeket képviselő biológia, fizika, kémia és földrajz

tantárgyak keretében folyik. Az 1–4. évfolyamokon tanított környezetismeret (természetismeret) és az 1–6. évfolyamokon tanított természetismeret tantárgy átfogja a négy fő diszciplínát, az integráció azonban formai, a tantervekben egyértelműen elkülönülnek az egyes tudományterületek témakörei. A szaktudományokhoz való kötődés a közvetített tudás sajátosságaiiban is kifejeződik.

Az egyes tudományterületek logikáját követő elméletigényes tudásátadás, ahogyan ezt a magyar tudósok teljesítményei és a diákolimpiák sikerei mutatják, egy szűk réteg körében hatékony. Számos jele van annak, hogy a magyar iskolában megszerezhető magas szintű diszciplináris tudás egyéni és társadalmi relevanciája gyenge, a tanulók többségének, a nem természettudományi pályát választóknak nem ad megfelelő tudást a mindennapi életben való boldoguláshoz (pl. *Martin* és mtsai., 2008; *B. Németh*, 2003). A PISA szerint tanulóink valós életben hasznosítható természettudományos tudása nemzetközi mércével mérve átlagos, és nő a gyengén teljesítők aránya, de ugyanakkor kevés a kiemelkedő szinten teljesítő tanuló is (pl. *Martin* és mtsai., 2008; *OECD*, 2010; *B. Németh*, 2003).

A továbbblépéshez saját műveltségfogalmunk újragondolása szükséges, melynek során figyelembe vesszük a nemzetközi tapasztalatokat és megfontoljuk, miként tudjuk azokat oktatási hagyományainkba illeszteni. A kor elvárásait kielégítő, az átlagpolgár számára a hétköznapiakban is alkalmazható tudást adó műveltségkonceptió kialakításához több szempontot érdemes figyelembe venni. A természettudományos nevelés céljai és irányvonalát kijelölő műveltségfogalom képviseljen elérhető, társadalmi és egyéni relevanciával bíró tudást; adaptálja a pszichológia és a neveléstudomány kutatásainak legújabb, általánosan elfogadott eredményeit; segítse elő a természettudományok iránti érdeklődés növekedését; illeszkedjék a modern nemzetközi irányvonalhoz, ugyanakkor a nemzetközi tapasztalatokat felhasználva épüljön a hazai oktatás pozitív hagyományaira.

Irodalom

- Adams, R. J. és Gonzalez, E. J. (1996): The TIMSS Test Design. In: Martin, M. O. és Kelly, D. L. (szerk.): *Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) Technical Report, Volume I: Design and Development*. Boston College, Chestnut Hill, MA.
- Aikenhead, G. S. (1994): What is STS teaching? In: Solomon, J. és Aikenhead, G. S. (szerk.): *STS education: International perspectives on reform*. Teachers College Press, New York, 47–59.
- Aikenhead, G. S. (2003): STS Education: A rose by any other name. In: Cross, T. (szerk.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*. Routledge Press, London, 59–75.
- Aikenhead, G. S. (2006): *Science Education for Everyday Life*. Evidence-Based Practice. Teacher College Columbia University, New York and London.
- Aikenhead, G. S. (2007): *Expanding the research agenda for scientific literacy*. Paper presented to the Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction. Uppsala University, Uppsala, Sweden, 28-29 May 2007.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1983): *Scientific literacy*. MA: Author, Cambridge.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989): *Science for all Americans*. A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology. Author, Washington DC.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990): *Science for all Americans*. Oxford University Press, New York.
- Anderson, L. (2005): *Taxonomy Academy Handbook*. <http://www.andersonresearchgroup.com/tax.html>
- Anderson, L. és Krathwohl, D. (2001. szerk.): *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman, New York.
- B. Németh Mária (2003): A természettudományos műveltség mérése. *Magyar Pedagógia*, **103.** 4. sz. 499–526.
- B. Németh Mária (2008): természettudományos műveltség koncepciók. *Iskolakultúra*, **18.** 7–8. sz. 3–19.
- B. Németh Mária (2010): A természettudományi tudás/műveltség értelmezései nemzeti standardokban. *Iskolakultúra*, **20.** 12. sz. 92–99.
- B. Németh Mária, Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2011): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó Benő (szerk.) *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (megjelenés alatt).
- Báthory Zoltán (1979): A természettudományok tanításának eredményei. In: Kiss Árpád, Nagy Sándor és Szarka József (szerk.): *Tanulmányok a neveléstudomány köréből 1975–1976*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 153–275.
- Báthory Zoltán (2000): Tanulók, iskolák – különbségek. OKKER Oktatási Kiadó, Budapest.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. és Kelly, D. L. (1996a): *Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International*

- Mathematics and Science Study. Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy, Boston College, Boston.
- Biggs, J. B. és Collis, K. F. (1982): *Evaluating the Quality of Learning: the SOLO Taxonomy.*, Academic Press, New York.
- Bloom, B. S. (1956): *Taxonomy of Educational Objective: The classification of Educational Goals.* Handbook I. Cognitive Domain. Mckay, New York.
- Bybee, R. W. (1997a): *Achieving scientific literacy: From purposes to practices.* Heidemann, Portsmouth NH.
- Bybee, R. W. (1997b): Toward an understanding of scientific literacy. In Gräber, W. és Bolte, C. (szerk.): *Scientific literacy.* Kiel: IPN. 37–68.
- Calabrese Barton, A. és Yang, K. (2000): The Culture of Power and Science Education: Learning from Miguel. *Journal of Research in Science Teaching*, **37**. 8. sz. 871–889.
- Chiu, Mei-Hung (2007): Standards for science education in Taiwan. In Waddingtin, D.; Nentwig, P. és Schanze, S. (szerk.): *Standards in science education.* Waxmann, Münster, 303–346.
- Clancey, W. J. (1992): Representations of knowing: In defense of cognitive apprenticeship. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, **3**. 2. sz. 139–168.
- Comber, L. C. és Keeves, J., P. (1973): *Science Education in Nineteen Countries.* International Studies in Evaluation I. Almqvist és Wiksell, Stockholm.
- Conant, J. B. (1952): *Modern science and modern man.* Columbia University Press, New York.
- Csapó Benő (1999): Természettudományos nevelés: híd a tudomány és a nevelés között. *Iskolakultúra*, **9**. 10. sz. 5–17.
- Csapó Benő (2001): Tudáskonceptiók. In: Csapó Benő és Vidákovich Tibor (szerk.): *Neveléstudomány az ezredfordulón.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 88–105.
- Csapó Benő (2002): Az iskolai tudás vizsgálatának elméleti keretei és módszerei. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás.* 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest, 15–43.
- Csapó Benő (2008): Tudásakkumuláció a közoktatásban. In: Simon Mária (szerk.): *Tan-
könyvdialógusok.* Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 95–108.
- DeBoer, G. E. (2000): Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, **6**. sz. 582–601.
- Durant, J. (1994): What is scientific literacy? *European Review*, **2**. sz. 83–89.
- Ellis, J. D. (2003): The Influence of the National Science Education Standards on the Science Curriculum. In: Hollweg, K. S. és Hill, D. (szerk.): *What is the influence of the National Science Education Standards?* The National Academies Press, Washington, DC., 39–63.
- Felsham, P. J. (1985): Science for All. *Journal of Curriculum*, **17**. 415–435.
- Felsham, P. J. (1988): Approaches to the teaching of STS in science education. *International Journal of Science Education*, **10**, 346–356.
- Felsham, P. J. (1992): Science technology. In: Jackson, P. W. (szerk.): *Handbook of research on curriculum.* Macmillan Publishing Co., New York, 789–829.
- Gräber, W. (2000): Aiming for scientific literacy through self-regulated learning. In: Stochel, G. és Maciejowska, I. (szerk.): *Interdisciplinary education – challenge of 21st century.* FALL, Kraków, 101–109.

- Hackling, M. W. és Prain, V. (2008): *Research Report 15: Impact of Primary Connections on students' science processes, literacies of science and attitudes towards science*. Australian Academy of Science, Canberra. <http://www.science.org.au/primaryconnections/irr-15.pdf>
- Holbrook, J. és Rannikmae, M. (2009): The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, **4**. 3. sz. 275–288.
- Huitt, W. (2004): Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain. *Educational Psychology Interactive*. Valdosta State University, Valdosta, GA.
- Hurd, P. D. (1958): Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, **16**. 1. 13–16.
- Hurd, P. D. (1998): Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, **82**. 3. sz. 407–416.
- Jenkins, E. W. (1994): Scientific literacy. In: Husen, T. és Postlethwait, T. N. (szerk.) *The international encyclopedia of education*. Volume 9, Pergamon Press, Oxford. 5345–5350.
- Johnson, C. G. és Fuller, U. (2007): Is Bloom's Taxonomy Appropriate for Computer Science? In: Berglund, A. és Wiggberg, M. (szerk.): *Proceedings of 6th Baltic Sea Conference on Computing Education Research (Koli Calling 2006)*. Technical report 2007-006 of Department of Information Technology of Uppsala University, February 2007. Printer Uppsala University, Sweden, 120–131. <http://www.cs.kent.ac.uk/pubs/2007/2552/content.pdf>, <http://www.cs.kent.ac.uk/pubs/2007/2552/index.html>
- Keeves, J. P. (1992): *The IEA Study of Science III: Changes in Science Education an Achievement: 1970 to 1984*. Pergamon Press, Oxford.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H. E. és Vollmer, H. J. (2003): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn.
- Klopfer, L. E. (1971): Evaluation of learning in Science. In: Blomm, B. S., Hatings, J. T. és Madaus, G. F. (szerk.): *Hand Book on Formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill Book Company, New York. 559–641
- Klopfer, L. E. (1991): Scientific literacy. In: Lewy, A. (szerk.) *The international encyclopedia of curriculum*. Pergamon Press, Oxford, 947–948.
- Laugksch, R. C. (2000): Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, **84**. Issue 1, January, 71–94.
- Lederman, N. G. és Lederman, J. (2007): Standards for science education in the United States: Necessary Evil? In: Waddington, D., Nentwig, P. és Schanze, S. (szerk.): *Making it comparable. Standards in science education*. Waxmann, Münster. 347–371.
- Madaus, G. F., Woods, E. N. és Nuttal, R. L. (1973): A causal model analysis of Bloom's taxonomy. *American Educational Research Journal*, **10**. 4. sz. 253–262.
- Maienschein, J. (1998): Scientific literacy. *Science*, **281**. 5379. sz. 917–918.
- Mamluk-Naaman, R. (2007): 'Science and Technology for All' – an Israeli curriculum based on standards in science education. In: Schanze, S. (szerk.): *Standards in science education*. Waxmann, New York.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., Garden, R. A. és O'Connor, K. M. (2000, szerk.): *TIMSS 1999 International Science Report*. Boston College Chestnut Hill, MA.

- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. és Foy, P. (2008): *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. TIMSS & PIRLS International Study Center Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- McCurdy, R. C. (1958): Towards a population literate in science. *The Science Teacher*, 25. 366–368.
- MCEETYA (Ministerial Council on Education, Employment, Training and Youth Affairs; 2006): National Assessment Program – Science Literacy Year 6 Technical Report. http://www.mceecdy.edu.au/verve/_resources/NAP_SL_2006_Technical_Report.pdf
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y. és Preuschoff, C. (2009. szerk.): *TIMSS 2011 Assessment frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A. és Eberber, E. (2005. szerk.): *TIMSS 2007 Assessment frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., Gonzalez, E. J., Chrostowski, S. J. és O'Connor, K. M. (2001. szerk.): *Assessment frameworks and specifications 2003 (2nd Edition)*. International Study Center, Lynch School of Education, College Boston, Boston.
- Nagy József (1979): Az eredménymérés módszerei és eszközei. In: Ágoston György, Nagy József és Orosz Sándor (szerk.): *Mérési módszerek a pedagógiában*. 3. kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest, 27–110.
- National Research Council / NRC (1996): *National science education standards*. National Academy Press, Washington DC.
- OECD (1999): *Measuring student knowledge and skills*. OECD, Paris.
- OECD (2000): *Measuring student knowledge and skills*. The PISA 2000 Assessment of reading, mathematical and scientific literacy. Education and Skills. OECD, Paris.
- OECD (2003): *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. OECD Publications, Paris. www.pisa.oecd.org
- OECD (2006): *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*. OECD, Paris.
- OECD (2010): *PISA 2009 Results: What students know and can do – Student performance in reading, mathematics and science (Volume I)*. OECD, Paris.
- Olsen, R. V. (2004): *The OECD PISA assessment of scientific literacy: how can it contribute to science education research?* Paper at NARST Annual International Conference, Vancouver, Canada, 1–4. April 2004. <http://folk.uio.no/rolfvo/engpubl.html>
- Olsen, R. V. (2005): *Achievement tests from an item perspective. An exploration of single item data from the PISA and TIMSS studies, and how such data can inform us about students' knowledge and thinking in science*. Dr. Scient avhandling. Oslo: Unipub. http://folk.uio.no/rolfvo/Publications/Rolf_Olsen_DrScient_new.pdf
- Olsen, R. V., Lie, S. és Turmo, A. (2001): Learning about students' knowledge and thinking in science through large-scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education*, 16. 3. sz. 403–420.

- Orpwood, G. (2001): The role of assessment in science curriculum reform. *Assessment in Education*, 8. 135–151.
- Orpwood, G. és Garden, R., A. (1998). *Assessing mathematics and science literacy*. TIMSS Monograph No. 4.: Pacific Educational Press, Vancouver, BC.
- Passey, D. (1999): Higher order thinking skills: An exploration of aspects of learning and thinking and how ICT can be used to support these processes. http://www.portal.northerngrid.org/ngflportal/custom/files_uploaded/uploaded_resources/1302/IntroductiontoHOTS.pdf
- Pella, M. O., O’Hearn, G. T. és Gale, C. W. (1966): Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4. sz. 199–208.
- Piaget, J. (1929): *The child’s conception of the world*. Harcourt, Brace and Company, New York.
- Rennie, L. J. és Johnston, D. J. (2004): *The nature of learning and its implications for research on learning from museums*. *Science Education*, **88**. (S1), 4–16.
- Rennie, L. J. (2006): The community’s contribution to science learning: Making it count. In: Boosting science learning – What will it take? Research Conference 2006 augusztus 13–15. Canberra. http://www.acer.edu.au/documents/RC2006_Rennie.pdf
- Roberts, D. A. (1983): Scientific literacy. Towards a balance for setting goals for school science programs. Minister of Supply and Service, Ottawa, ON, Kanada.
- Roberts, D. A. (2007): Scientific literacy / Science literacy. In: Abell, S. K. és Lederman, N. G. (szerk.): *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ. 729–780.
- Roth, W. M. és Désautels, J. (2004): Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4. sz. 149–168. <http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/PREPRINTS/Citizenship.pdf>
- Ryder, J. (2001): „Identifying science understanding for functional scientific literacy”. *Studies in Science Education*, **36**. 1–44.
- Schecker, H. és Parchmann, I. (2006): Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik Naturwissenschaften* **12**. 45–66.
- Schecker, H. és Parchmann, I. (2007): Standards and competence models: The German situation. In: Waddington, D., Nentwing, P. és Schanze, S. (szerk.): *Making in comparable Standards in science education*. Waxmann, Münster, 147–164.
- Schneider, V. I., Healy, A. F., Ericsson, K. A. és Bourne, L. E. (1995): The effects of contextual interference on the acquisition and retention of logical. In: Healy, A., F. és Bourne, L., E. (szerk.): *Learning and memory of knowledge and skills. Durability and specificity*. Sage Publications, London.
- Shamos, M. H. (1995): *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press, New Brunswick.
- Shen, B. S. P. (1975): Science literacy and the public understanding of science. In: Day, S. B. (szerk.), *Communication of scientific information*. Karger AG. Basel, 44–52.
- Solomon, J. (1998): The science curricula of Europe and the notion of scientific culture. In: Roberts, D. A. és Östman L. (szerk.): *Problems of meaning in science curriculum*. Teachers College Press, New York, 166–177.

- Sternberg, R. J. (1985): *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press, New York.
- Tiberghein, A. (2007): Legitimacy and references of scientific literacy. In: *Linnaeus Tercentenary 2007 Symposium: Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction – LSL Symposium*, 28–29 May. 195–199.
<http://www-conference.slu.se/lslsymposium/program>
- Tulving, E. (1979): Relation between encoding specificity and levels of processing. In: Cemark, L., S. és Craik, F., I., M. (szerk.): *Levels of processing in human memory*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale.
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation) (2001): *The training of trainers manual for promoting scientific and technological literacy for all*. UNESCO, Bangkok. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001230/123077e.pdf>
- Weinert, F. E. (1999): *Concepts of competence. Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundations*. DeSeCo, Neuchâtel.
- Weinert, F. E. (2001a): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F., E. (szerk.): *Leistungsmessungen in Schulen*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 17–31.
- Weinert, F. E. (2001b): Concept of Competence: a conceptual definition. In: Rychen, D., S.; Salganik, L., H. (szerk.) *Defining and selecting key competencies*. Hogrefe & Huber Seattle, 45–66.
- Wilson, M. R. és Bertenthal, M. W. (2005. szerk.): *Systems for State Science Assessment*. National Academies Press, Washington.
- Wisemann, S. és Tulving, E. (1976): Encoding specificity: Relation between recall superiority and recognition failure. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2. sz. 349–361.

3.

A természettudomány tanításának és felmérésének diszciplináris és tantervi szempontjai

Korom Erzsébet

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Szabó Gábor

Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Bevezetés

A természettudományok tanításában – különösen a 20. század második felétől – meghatározó a diszciplináris szemléletmód, a természettudományos ismeretek rendszerezett, az egyes diszciplínák logikáját követő átadása. Hazánkban erős gyökerei vannak e megközelítésnek, és bár az 1980-as évektől kezdve megjelentek más, a tantárgyi integrációt, illetve a társadalmi vonatkozásokat hangsúlyozó tantervfejlesztési törekvések, a természettudományok tanításának diszciplínaorientált szemléletmódja továbbra is domináns maradt. E szemlélet hatással volt a tantervi tananyag elrendezésére, a tanítási, tanulásszervezési, értékelési módszerekre. Elsősorban az ismeretek átadását előtérbe helyező, tanárközpontú módszerek terjedtek el, amelyekben a tanítási-tanulási folyamat egyirányú, a tudós tanártól mutat a tanuló mint befogadó felé. A megszerzett tudás értékelése az iskolai tantárgy kontextusán belül maradt, a tudás alkalmazhatóságának, transzferálhatóságának kérdése kisebb hangsúlyt kapott.

Napjainkra átalakultak a természettudományos nevelés feladatai. Mivel az oktatás expanziója következtében többen és hosszabb ideig tanul-

nak természettudományt is, a diszciplináris tudás közvetítése mellett egyre határozottabb igény a társadalmilag releváns tudás, a természettudományos műveltség formálása. *Bybee és Ben-Zvi* (1998. 491. o.) megfogalmazásában a természettudományok tanításának célja az egyén intellektuális fejlesztése; pályaválasztásának, karrierjének segítése; a társadalmi rend és a gazdasági produktivitás fenntartása, fejlesztése; az állampolgárok felkészítése arra, hogy otthonosan érezzék magukat a tudomány és a technika világában; valamint a tudományos kutatások fenntartása és fejlesztése, a tudományos eredmények és a tudományos kutatások támogatásának továbbadása a következő generáció számára. Az összetett célok és fejlesztési feladatok megvalósításához elengedhetetlen a tantervi tartalmak és oktatási módszerek újrágondolása. Mindezt az is indokolja, hogy a természettudomány iskolai tanítását számos probléma jellemzi.

A diszciplináris szemléletű hazai természettudományos oktatás jelentős eredményeket ért el a 20. században, és egészen az 1980-as évekig kiemelkedett a nemzetközi mezőnyből. Különösen a tehetséggondozásban volt eredményes, kiváló tudósokat, nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő tudású fiatalokat képzett. Napjainkra azonban a magas szintű természettudományos tudással rendelkező tanulók aránya jelentősen visszaesett. Az átlagos teljesítmény a nemzetközi vizsgálatok (az IEA TIMSS felmérései és az OECD PISA vizsgálatai) eredményei alapján a nemzetközi középmezőnyben van, és függ a vizsgált tudás jellegétől, kontextusától. Tanulóink jobban teljesítenek az iskolában tanultak felidézését igénylő, a szaktudományi ismereteket mérő feladatokban, és teljesítményük gyengébb a természettudományos gondolkodást, bizonyítékok kezelését, következtetések levonását igénylő kérdések esetében (a nemzetközi és hazai természettudományos vizsgálatok hazai vonatkozású eredményeinek részletes áttekintését lásd *B. Németh, Korom és Nagy L.-né*, 2011).

A tanulók természettudományos tudását elemző kutatások felhívták a figyelmet arra is, hogy a diszciplínaorientált tanítás révén kialakított szakértői tudás túlságosan specializált, elsősorban a természettudományos pályákra készülő tanulóknak nyújt releváns ismereteket. Gyakran azonban a középiskolában elsajátított szaktudományi tudás színvonalával is problémák adódnak. A természettudományi vagy mérnökképzésbe jelentkező tanulók felkészültségét vizsgáló felsőoktatási felmérések jeleztek, hogy napjainkban a tanulók jelentős része nem rendelkezik a felsőoktatási tanulmányok sikeres teljesítéséhez szükséges alapvető szaktu-

dományi ismeretekkel (Radnóti és Pipek, 2009; Radnóti, 2010; Revákne és Radnóti, 2011).

Nagy probléma, hogy még a természettudományos pályára készülők sem érdeklődnek igazán a természettudományos tantárgyak iránt, gyenge a kapcsolat e tárgyak kedveltsége és az elérni kívánt végzettség között. A fizika és a kémia tantárgy iránti attitűd már az általános iskolában lényegesen alacsonyabb, mint a többi tantárgyé, és középiskolában e két természettudományos tantárgy kedveltsége tovább gyengül. A biológia és a földrajz esetében is tapasztalható visszaesés a tanulmányok során, de a kedveltebb tantárgyak között maradnak (Csapó, 2004a; Papp és Józsa, 2000). Csökken a természettudományos pályák vonzereje, a diákok jelentős része nem találja relevánsnak saját élete szempontjából a tananyagot, nehezen teremt kapcsolatot a természettudományos ismeretek, tevékenységek és a hétköznapi élet jelenségei között (Józsa, Lencsés és Papp, 1996; Nahalka, 1999; Papp, 2001; Papp és Pappné, 2003).

A hazai helyzet összhangban van a nemzetközi tendenciákkal. A természettudományos nevelés helyzetét elemezve az Európai Bizottság által felállított szakértői csoport a *Rocard-jelentésben* hívta fel a figyelmet arra az aggasztó tényre, hogy Európa számos országában az utóbbi évtizedekben csökkent a természettudományi szakokon tanuló diákok részaránya a felsőoktatásban. Különösen a nők körében tapasztalható a természettudományok, a technika és a matematika iránti érdeklődés alacsony szintje, holott a tudás alapú társadalomban lényegesen több természettudósra, matematikusra, mérnökre lenne szükség, és az általános műveltség részévé kellene válnia a természettudományos műveltségnek (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, Hemmo, 2007, 2010).

Az is egyre nyilvánvalóbb, hogy a rendkívül gyors tudományos és technikai fejlődéssel az iskolai tananyag nem tud lépést tartani, az iskolában nem lehet mindent megtanítani, inkább biztos szemléleti alapot nyújtva az önálló tanulásra, információfeldolgozásra, az ismeretek további, az iskolai tanulmányok utáni bővítésére kell felkészíteni a tanulókat. Az iskolában elsajátítandó természettudományi ismeretek körének, a diszciplináris tudás szerepének, jelentőségének újragondolását indokolják az utóbbi évtizedek pszichológiai kutatási eredményei is. A tudás szerveződésével, elsajátításával kapcsolatos kognitív pszichológiai és oktatáslélektani vizsgálatok felhívták a figyelmet a természetes és az iskolai tanulás közötti különbségekre, az iskolán kívül szerzett tapasztalati tu-

dás, a naiv meggyőződések hatására a tudományos ismeretek tanulásában. Jelezték, hogy a világ megismerése, a tudomány által felhalmozott eredmények, absztrakt fogalomrendszerek elsajátítása bonyolult folyamat, amely gyakran a tanulók meglévő tudásának újraszervezését igényli.

A fejezet a diszciplináris vagy tartalmi, szaktárgyi tudásnak a természettudományok tanulásában betöltött szerepét tárgyalja. Először áttekinti a természettudományos nevelés főbb tendenciáit, a természettudományi oktatás céljainak alakulását, majd a tudás szerveződésére, az ismeretek rendszerére, típusaira vonatkozó kognitív pszichológiai eredményeket összegzi. A harmadik alfejezet a fogalmi fejlődésre és a fogalmi váltásra vonatkozó eredményeket foglalja össze. A negyedik alfejezet a szakértői tudást és annak fejlődését, a szakértői sémák elsajátításának, finomításának folyamatát mutatja be, és a szakértői tudás alkalmazhatóságának, kiterjeszthetőségének kérdését tárgyalja. Az ötödik és a hatodik alfejezet a nemzetközi természettudományos vizsgálatok mérési keretei és több külföldi természettudományos tanterv, valamint tartalmi és értékelési standard alapján mutatja be a természettudományi tudás alapvető, a természettudományos műveltséghez szükséges elemeit, tárgyalja a tudáselemek kiválasztásának kérdéseit. A fejezet befejező része a diszciplináris tudással kapcsolatos oktatásméleti kérdésekre tér ki: hogyan lehet az ismereteket hatékonyan közvetíteni, elősegíteni az értelmes tanulásukat, megértésüket, transzferálhatóságukat; milyen módon segítheti az ismeretrendszer diagnosztikus értékelése a tanítás és tanulás folyamatát.

A természettudományok tanításának nemzetközi és hazai tendenciái

A természettudományok oktatásának története, tantervfejlesztési irányzatai a nemzetközi és a hazai szakirodalomban is jól feldolgozottak (lásd pl. *Comber és Keeves*, 1973; *DeBoer*, 1991; *Nahalka*, 1993; *Bybee és DeBoer*, 1994; *Wallace és Loudon*, 1998; *Szabó*, 1998; *Báthory*, 1999, 2002; *Csapó*, 2004b; *B. Németh*, 2008). E munkákra alapozva foglaljuk össze a legfontosabb fejlődési irányokat és helyezzük el a hazai folyamatokat a nemzetközi tendenciák között.

Bybee és Ben-Zvi (1998. 489. o.) áttekintése alapján a természettudományok tanításának történetében három átfogó cél jelent meg: a természettudományos ismeretek elsajátítása, tudományos eljárások és módszerek

megtanulása, valamint a tudomány alkalmazásainak megértése, különösen a tudomány és a társadalom közötti kapcsolatok felismerése. A célok közötti hangsúlyok az utóbbi öt évtized alatt többször átrendeződtek, és gyakran változtak a hozzájuk kapcsolódó kifejezések. Például a természettudományi tudást, ismereteket nevezték tényeknek (*facts*), alapelveknek (*principles*), fogalmi vázlatoknak (*conceptual schemes*), fő témáknak (*major themes*). A tudományos eljárásokat tudományos módszereknek (*scientific methods*), problémamegoldásnak (*problem solving*), tudományos vizsgálódásnak (*scientific inquiry*) és a tudomány természetének (*nature of science*). Sokáig keveredett a tudományos megismerésről való tudás (*knowing about the procedures of science*) és a tudományos vizsgálódás (*doing scientific investigation*). A tudomány alkalmazásainak megértésére vonatkozó célok pedig az életvezetés (*life adjustment*) vagy az STS (*Science Technology Society*/Tudomány Technika Társadalom) kifejezések révén jelentek meg. A célok alakulását a természettudományos nevelés történetében felbukkanó jelentős korszakok, tantervfejlesztési reformok szerint követjük nyomon, kiemelve az ismeretek szerepének, jellegének változását, a diszciplináris szemléletmód alakulását.

A természettudományos tudás elemei (aritmetika, geometria, asztronómia) már a középkori hét szabad művészet között is fellelhetők voltak, de a természettudományos diszciplínák rendszerezett tanítása csak jóval később jelent meg. A természettudományos oktatás gyökerei Nyugat-Európában az 1800-as évek első feléig, az Amerikai Egyesült Államokban a második feléig nyúlnak vissza. A természettudományos ismeretek tanítása kezdetben a felsőoktatásban volt jellemző, majd fokozatosan került be a közép- és az elemi szintre (Mihályi, 2001). A 20. század első feléig a természettudományos tananyag leíró jellegű volt, megmaradt a közvetlenül tapasztalható természeti jelenségek felszínes tárgyalásának szintjén. A második világháborút követően azonban jelentős mértékű technikai fejlődés indult el, ami a természettudományos ismeretek gyors növekedéséhez vezetett. A technikai fejlődés következtében felértékelődtek a magas szintű tudományos, műszaki ismeretek, melyeket a korábbi természettudományos képzés nem tudott biztosítani (Nahalka, 1993).

Az első nagy tantervi reform időszaka angolszász területen a „szputnyiksokkot” követően, az 1950-es évek végétől az 1970-es évek közepéig tartott, más országokban az 1970-es években kezdődött és az 1980-as években ért véget. Ekkor történt meg a természettudományok tanításának

tudományos alapokra helyezése, a tananyagnak a természettudományos diszciplínák szerkezetét követő szervezése. A természettudományos tantervekben ebben az időszakban a tudományt mint diszciplináris tudást (*science as discipline knowledge*) értelmezték, amelynek iskolai elsajátítása megalapozhatja az új tudományos felfedezéseket. Wallace és Loudon (1998) e felfogás pedagógiai-pszichológiai alapjának Bruner: *Az oktatás folyamata* című munkáját tekinti, amely fontosnak tartotta, hogy a tanulók megismerjék az egyes diszciplínák absztrakt fogalomrendszerét, struktúráját. A tantervfejlesztő munkában jelentős szerepet vállaltak ebben az időszakban a szaktudományok képviselői. Az új tantervek, programok a tudomány álláspontjának megfelelő, a szaktudományok szempontjából lényeges tudást közvetítették, követve a szaktudományok logikáját, alkalmazva annak szaknyelvét, megjelenítve értékeit. Kiemelték a szakmai pontosság és a diszciplináris megértés fontosságát, az ismeretek tantárgyi keretek között való alkalmazhatóságát, valamint a természettudományos kutatáshoz, megismeréshez szükséges készségek fejlesztését (Csapó, 2004b, 13. o.).

A tantervi reformokat követően létrejött diszciplína-orientált tantervekről azonban kiderült, hogy csak egy szűkebb rétegnek, a természettudományos pályára készülő diákoknak nyújtanak megfelelő tudást, és gyakran még ők is csak megtanulják, de valójában nem értik a tananyagot. Problémát jelentett a természettudományos tantárgyak anyagának, az egyes témakörök tanítási sorrendjének összehangolása, valamint az egyre inkább inter- és multidiszciplinárisra váló kutatásokkal szemben a természettudományos diszciplínák szigorú szétválasztása az iskolai tanítás során.

A tudományok intenzív fejlődése a természettudományok tanításának válságát eredményezte a 20. század vége felé a legtöbb országban (Csapó, 2004b). A diszciplína-orientált szemléletmód nem tudta követni a tudományos kutatások által gyors ütemben szolgáltatott új eredményeket, és nem tudott lépést tartani a tudományok fejlődésének társadalmi hatásaival sem. A tudomány és a technika fejlődésének eredményeként született új technikai eszközök használata, működtetése a mindennapokban egyre kevésbé igényelt speciális felkészültséget, ugyanakkor az oktatás által nyújtott szaktudományi tudás az átlagpolgár számára nem bizonyult relevánsnak.

A válság tüneteit többféle módon próbálták kezelni. Az 1960-as évektől kezdve a tudománycentrikus irányzaton belül egy új szemléletmód

jelent meg, olyan tananyag-szervezési és módszertani megoldások születtek, amelyek fokozatosan elvezettek a tantárgyi integráció kérdéseihez, és szükségszerűvé tették az integráció sokrétű fogalmának elemzését (*Chrappán*, 1998). Az integráció többféle formája figyelhető meg a külföldi tantervekben, és számos nemzetközi projekt szerveződött a természettudományos tantárgyak közötti kapcsolatok megteremtésére (*Felvégi*, 2006). Az integrált, illetve diszciplináris tananyagszervezés közötti dilemma napjainkban is tart (*Venville, Rennie és Wallace*, 2009), mindkettő mellett és ellen is felsorakoztathatók érvek.

Hazánkban a szaktudományok elvárásait érvényesítő szaktantárgyi rendszer az 1950-es évek végén, az 1960-as évek elején alakult ki a közoktatásban (*Szabó*, 1998). Az interdiszciplináris kutatási eredmények hatására azonban rövidesen megjelentek a tantárgyak közötti kapcsolatteremtésre irányuló törekvések a természettudományos tantervi és tankönyvi újításokban. *Jánossy Lajos* vezetésével az 1960-as évek végén a tagozatos osztályok tanítása során használható gimnáziumi fizikatankönyvek készültek, valamint a matematika és a fizika integrációjára irányuló oktatási kísérlet zajlott. Az 1970-es évektől a *Marx György* nevével fémjelzett, a természettudományos tárgyak integrációjára irányuló kísérlet gyakorolt hatást a hazai természettudományos oktatásra. Az 1970-es évek elején történt az első kísérlet integrált természettudomány tantárgy bevezetésére a középiskolákban a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával (MTA, 1976). A természettudományos műveltség tartalmaként négy alapelvet (Az anyag mozgástörvényei, Az anyag struktúrája, Az anyag története, evolúciója, Az élő anyag speciális jellemzői) határoztak meg.

A tervezett integrált tantárgy végül nem került bevezetésre, de az 1978-as tantervi reformot követő új természettudományos tanterv lehetővé tette, hogy a fizika- és kémiatankönyvekbe belekerüljenek olyan részek, amelyek összekapcsolják a két tantárgy elemeit, például a hőtant és a reakciókinetikát (*Radnóti*, 1995). Az integrációs törekvéseket az alsó tagozatosok számára kidolgozott környezetismeret tantárgy is igyekezett megvalósítani néhány alapvető természettudományos fogalom előkészítésével. Az 1990-es években ismét felerősödtek az integrációs törekvések. Integrált természettudományos tantárgy azonban továbbra is csak az oktatás kezdeti időszakában jelent meg, a környezetismeret (1–4. évf.) mellett 5–6. évfolyamon a természetismeret. A középfokú oktatásban az integrált szemléletmód csak néhány alternatív oktatási programban való-

sult meg (Veres, 2002a; 2002b, 2008). A tantárgyi integráció szélesebb körben való elterjedésének alapvető feltétele, hogy a tanárok rendelkezzenek széles körű, több természettudományos diszciplínát átfogó szaktudással, kompetenciákkal.

A diszciplináris szemléletű oktatás válságára másfajta megoldást kínáltak azok a programok, amelyek a tudás alkalmazásának kérdését túlságosan leegyszerűsítették, és néhány kiragadott hétköznapi jelenségre, szituációra alapozva próbáltak meg praktikus ismereteket átadni, hétköznapi tudományt tanítani. Ezek a programok nem hozták meg a várt eredményt, mivel nem tudtak kialakítani jól szervezett, tudományosan megalapozott tudást. Az otthontudomány (*home science*) napjainkban az életvitellel, háztartással, egészségneveléssel kapcsolatos multidiszciplináris területként jelenik meg a tantervi programokban (Siddiqui, 2008).

Az 1970-es években indultak el azok a tantervfejlesztési törekvések, amelyek a természettudományos műveltséget (*science literacy*) helyezték a középpontba (lásd 2. fejezet). A különböző műveltségkoncepciókban a diszciplináris, tartalmi tudás mellett helyet kapott a természettudományos készségek, képességek fejlesztése, valamint a tudás alkalmazhatóságának, a mindennapokba transzferálhatóságának igénye is (Hobson, 1999). Wallace és Loudon (1998) releváns tudásként (*science as relevant knowledge*) értékeli e korszak (1970-es, 80-as évek) tudományfelfogását a tantervekben, amikor a tudományt az egyéni és a társadalmi fejlődés eszközeként tekintették, amely felkészíti a tanulókat a társadalmi életben való részvételre. A tananyagot a „tudomány mindenkinek” (*science for all*) mozgalom keretében úgy tervezték meg, hogy az mindenki számára befogadható legyen, ugyanakkor megfelelő alapot biztosítson azoknak, akik magasabb szinten is szeretnék megismerkedni a természettudományokkal (AAAS, 1989).

Az 1980-as évektől a természettudományos tantervekben a társadalmi, kulturális vonatkozások még inkább előtérbe kerültek, kibontakozott a Tudomány Technika Társadalom, STS (*Science Technology Society*) irányzat, amely a természettudományos nevelés humanisztikus megközelítésének egyik jellegzetes példája (Aikenhead, 1994, 2006). Az STS a tanításban a tudományos és technikai fejlődés kulturális, gazdasági és társadalmi kontextusát emeli ki. Az STS hatására a tantervi tartalmakba bekerültek olyan, a természettudományokkal kapcsolatba hozható társadalmi kérdések, mint például a Föld globális környezeti problémái, a növekvő

vő népesség és a gazdasági, technológiai fejlődés következményei vagy a géntechnológia hatásai (Aikenhead, 1994). Az STS alapelvei, szemléletmódja, a természettudományok tanításának társadalmi, etikai kérdései a hazai szakirodalomban is megjelentek (Marx, 2001; Csorba, 2003; Havas, 2006). A Nemzeti alaptanterv is hangsúlyozza a társadalmi problémákat felvető természettudományos oktatást, a természettudományos kutatások társadalmi hatásait, a technikai fejlődés következményeit, ugyanakkor az STS irányzat alapelveit csak néhány pedagógiai program követi (Veres, 2008).

Az STS és a humanisztikus megközelítés egy lehetséges alternatívát jelentett és jelent napjainkban is a tradicionális diszciplináris felfogással szemben. Az ezredforduló környékén azonban kibontakozott egy komplex szemléletmód, pedagógiai, módszertani tudás és egyben kutatási irányzat, amely a természettudományok tanítását a diszciplínaorientált megközelítéssel szemben új alapokra helyezte. Ez az új megközelítés a „*science education*”, amit magyarra természettudományos nevelésnek fordítanak, a nevelés szempontjait hangsúlyozza, a természettudományok tanításának kérdéseit társadalmi kontextusba helyezi, az iskola által közvetített természettudományi tudást a társadalom számára alapvető, a kultúra részét képező tudásnak tekinti, hidat képezve a tudomány és a nevelés között. Felhasználja a személyiségfejlődésre vonatkozó pszichológiai és pedagógiai kutatások, valamint az iskola és a társadalom kölcsönös egymásra hatását elemző társadalom- és gazdaságtudományi kutatások eredményeit. A szűken vett szaktudományi ismeretek megértése, iskolai alkalmazása helyett a jelentésgazdag, személyes megértést, a magas szintű távoli transzfert, az új helyzetekben is alkalmazható tudás megszerzését támogatja. Nagy hangsúlyt fektet az értelmi fejlődés menetének, a fejlődés törvényszerűségeinek, a tanulók érdeklődésének figyelembevételére, a gondolkodási képességek fejlesztésére (Csapó, 2004b. 13. o.).

Wallace és Loudon (1998) ezt, az 1980-as, 90-es években kezdődött és napjainkig tartó korszakot úgy jellemzi, hogy abban a természettudományos tantervek befejezetlen/formálódó tudásként értelmezik a tudományt (*science as imperfect knowledge*), és kiemelik a tanulás során a tudományos tudás egyéni, társadalmi és kulturális hatásokra történő formálódását. Elméleti háttérként egyrészt a posztpozitivistá tudományfilozófia eredményeit, Lakatos és Popper munkáit tartják meghatározónak, amelyek szerint a tudás nem „felfedeződik”, hanem a hasonlóan gondolkodó

emberek közössége által „konstruálódik”. Másik hatásként a tanulók fogalmi fejlődésének feltárására irányuló kognitív pszichológiai eredményeket emelik ki. Ahhoz, hogy érthetővé váljanak a természettudományos nevelés jelenlegi céljai, a szaktudományi ismeretek tanítására vonatkozó ajánlások, röviden összefoglaljuk az ismeretek szerveződésére és a fogalmi fejlődésre vonatkozó pszichológiai és neveléstudományi kutatási eredményeket.

Az ismeretek szerveződése

Az oktatásméleti kutatások középpontjába az utóbbi évtizedekben a tudás fogalmának, típusainak értelmezése, valamint a tudás változását befolyásoló belső (kognitív, affektív) tényezők és külső feltételek vizsgálata került (*Csapó*, 1992; 2004c). Mindez elsősorban a 20. század második felében kibontakozó kognitív pszichológiai kutatásoknak köszönhető, amelyek révén egyre többet tudunk az ismeret jellegű vagy deklaratív tudás szerveződéséről; a képzetek, proposíciók és mentális modellek, sémák jellemzőiről; a gondolkodás mentális folyamatairól; a szakértői tudás kialakulásáról és változásáról; az ismereteknek a gondolkodásban betöltött szerepéről (*Pléh*, 2001; *Mérő*, 2001; *Pinker*, 2002; *Eysenck és Keane*, 1997).

Mentális reprezentáció

A mentális reprezentáció a külvilág dolgainak belső leképezése, amely kétféle módon valósulhat meg: analóg és digitális leképezéssel. Az analóg leképezés során a valóság és reprezentációja között szoros megfelelés van, a felvett információkat más jelrendszerbe történő átkódolás nélkül tároljuk. Így jönnek létre a képzetek, amelyek a receptorok által felvett ingereknek és az észlelési folyamatoknak megfelelően sokfélék lehetnek (pl. vizuális, akusztikus képzetek, a különböző illatok, ízek, a fájdalom, a hő, a testhelyzetünk és a tér érzékelése során létrejött egyszerű és komplex képzetek). A képzetek nem egyszerű lenyomatai a külvilágnak, felidézésük, használatuk során elemeikből felépítjük, újrakonstruáljuk, fogalmi ismereteinkkel kiegészítjük azokat.

A másik leképezési mód a digitális leképezés, ebben az esetben az ere-

deti dolog és reprezentációja nem hasonlítanak, a leképezés során más jelrendszerbe, nyelvi kódba tesszük át a beérkező ingert, az eredeti látványhoz, hanghoz, ízhez stb. nyelvi jeleket, szimbólumokat rendelünk, majd proposíciókat képezünk. A proposíciók tények, állítások, amelyek két fogalom kapcsolatát jelzik (pl. a rózsza növény). A proposicionális reprezentációk az elme fogalmi tartalmát ragadják meg, nyelvyszerűek, de nem szavak, elkülönültek, egyedi dolgokra vonatkoznak, absztraktak (bármely modalitásból származó információt reprezentálhatnak), ezért egy modalitástól független mentális nyelvet alkotnak. Az ismereteknek ez a csoportja a verbális információk rendszere vagy fogalmi tudás.

A mentális reprezentáció klasszikus értelmezése, a szimbólumfeldolgozó paradigma szerint a reprezentáció bizonyos szabályok szerint manipulálható szimbólumok révén valósul meg. A megismeréstudományban a tudásreprezentáció magyarázatára más modellek is születtek. Ezek közül leginkább elfogadott az információfeldolgozás konnekcionista modelljére alapozott elosztott reprezentáció, amely a szimbólumok alatti, ún. szub-szimbolikus szintet képviseli, és az információkezelés rendkívüli gyorsaságát, rugalmasságát magyarázza azáltal, hogy az információk tárolását elosztva, ugyanazon hálózat aktivitásmintázataiként képzeli el. Számos kutató osztja azt a véleményt, hogy az elosztott reprezentációk a kognitív reprezentációk mikroszerkezetét, a szimbolikus elmélet pedig a makroszerkezetét írja le (*McClelland, Rumelhart és Hinton, 1986, idézi Eysenck és Keane, 1997*). A kognitív pedagógia és a fogalmi fejlődés kutatása elsősorban a makroszintre, a szimbólumfeldolgozó felfogásra támaszkodik, a továbbiakban bemutatott elméleti keret ezt a megközelítést részletezi.

Ismeretrendszerünk tehát kétféle tudáselemből, képzetekből és fogalmakból szerveződik, a tudáselemek között a tanulás, gondolkodás eredményeként időleges vagy hosszabb távon is megmaradó kapcsolatok épülnek ki. Az így létrejött hálózatnak különböző elemekből felépülő, egyszerűbben vagy bonyolultabb módon szerveződő részei lehetnek. Egy-egy jól körülhatárolható témakör esetében a fogalmak szerveződésében fellelhető, kimutatható hierarchikus rend, de a különböző feladatok, szituációk értelmezése során további, bonyolult átkötések, kapcsolatok is kialakulhatnak távoli fogalmak között (*Mérő, 2001*). Az ismeretrendszer nagyságát, minőségét az ismeretháló elemeinek száma, valamint a kapcsolatok gazdagsága jelzi. Életünk során ismereteinket folyamatosan formáljuk, alakítjuk, újabb elemeket építünk be, illetve a meglévő elemek között építünk

ki kapcsolatokat, fedezünk fel összefüggéseket. Ismeretrendszerünk tudásterületenként változó, gazdag azokban a témákban, amelyekben éveken keresztül csiszolt tudással, sokrétű tapasztalattal rendelkezünk, és szegényes azokban, amelyekben csak felületesen mélyedtünk el, vagy régóta nem idéztük fel a korábban megtanult ismereteket.

Fogalomalkotás, a fogalmak szerveződése

A fogalom olyan kategória, amely lehetővé teszi, hogy a valamilyen szempontból összetartozó dolgokat egyetlen gondolati egységként kezeljük. *Nagy József* (1985. 153. o.) rendszerében a fogalom valamely dolgot leképező elemi gondolatok összessége. Mivel a dolog sajátosságai által meghatározott, a digitális leképezés során a dolgot és a sajátosságait is szimbólummal jelöljük. A dolgot jelölő szimbólum a név, a sajátóságot jelölő szimbólum a jegy. A dolog-tulajdonság kapcsolatnak megfelelő név-jegy kapcsolat úgy válhat gondolattá, ha a tulajdonság tulajdonságaihoz is vannak hozzárendelt jegyek és/vagy a tulajdonságokról rendelkezünk képmásokkal (*Nagy*, 1985. 164. o.). Így alakul ki az elemi fogalom. A fogalom ontogenezisének következő lépéseként további jegyek épülhetnek be, az elemi fogalomból egyszerű fogalom jön létre, és a jegyek révén megvalósulhat a besorolás, egy dologról eldönthető, hogy beletartozik-e az adott fogalmi kategóriába vagy sem. Ha a fogalom bizonyos szempont alapján beágyazódik egy fogalmi hierarchiába, összetett fogalommá alakul. Általános, világképi jelentőségű fogalmak (pl. anyag, élőlény, társadalom) komplex fogalommá szerveződhetnek azáltal, hogy egységes rendszerré fejlesztjük az adott dologról több különböző szempont alapján kialakult összetett fogalmainkat. A fogalomrendszer fejlődését tehát a megközelítés szerint a fokozatos gazdagodás, strukturálódás jellemzi.

A fogalomalkotással kapcsolatos pedagógiai kutatások a filozófia és a klasszikus logika megközelítésére alapozva és felhasználva a szemiotika eredményeit, az 1970-es években kezdtek kibontakozni. A hangsúlyt kezdetben a fogalmi kategóriák jegyeinek elsajátítására, a kategórián belüli általánosításra és a kategóriák közötti megkülönböztetésre, valamint a fogalmi rendszer strukturálódására helyezték (*Bruner*, 1968; *Vojsvillo*, 1978). Ugyanakkor már ebben az időszakban megjelent az a szemléletmód, hogy a fogalom nem csupán tükrözi a valóságot és az adott dolog lénye-

gét, hanem tartalmában és a fogalmi rendszerbe való beágyazottságában is folyamatosan fejlődő tudáselem, amely bizonyos pszichikus funkciók szolgálatában áll (Nagy, 1985).

A kognitív pszichológiai és kognitív fejlődés-lélektani kutatások az utóbbi három évtizedben számos részlettel gazdagították a kezdeti megközelítéseket olyan területeken, mint a kategorizáció folyamata, a kategóriák mentális reprezentációja, a mentális reprezentáció szerepe a viselkedésben és a jelenségek előrejelzésében vagy a perceptuális kategorizáció neurobiológiai, neuropszichológiai vonatkozásai (Kovács, 2003; Murphy, 2002; Ragó, 2000, 2007a, 2007b). Az eredmények jelzik, hogy a kategória-határok nem mindig egyértelműek és szigorúan meghatározottak, a szakirodalom erre a jelenségre a „bolyhos” (*fuzzy*) jelzőt használja. A fogalmi kategóriákat leíró jegyek és a kategóriába tartozó elemek között vannak tipikusak és kevésbé tipikusak; sőt egy tárgy több kategóriába is tartozhat a kontextustól és az aktuális feladattól, céltől függően, ezért a fogalmakat a gondolkodás során nem egyszerűen előhívjuk a fogalmi hálóból, hanem az eltárolt jellemzők alapján felépítjük az adott helyzet elvárásainak megfelelően. Számos fogalmat (elsősorban az absztrakt fogalmakat) nem a kategóriát leíró jegyek megtanulása révén, hanem a tapasztalatok alapján kialakított prototípus létrehozásával alakítunk ki. A kategorizáció perceptuális szinten már a csecsemőknél is működik, az osztályozás alapjául szolgáló jegyek megítélése és a kategorizáció módja azonban jelentősen változik a kognitív fejlődés során, a kezdeti átfogó kategóriák szűkülnek, további kategóriákra bomlanak, változnak a kategóriát meghatározó jegyek (Ragó, 2000).

A kategorizáció az alapja az összetettebb fogalomrendszerek kialakulásának. A mindennapi életben való boldogulásunk elképzelhetetlen lenne, ha korábbi tapasztalataink alapján nem hoznánk létre sémákat az események, szituációk, képzetek, viszonyok, tárgyak reprezentációjára. A megismerési vagy kognitív séma konkrét helyzetekben alkalmazható általános tudás, összetett fogalomrendszer, a gondolkodásnak önmagában is értelmes, sajátos szerkezettel bíró, kultúrafüggő egysége. A séma irányítja, befolyásolja a különböző helyzetek, események, szituációk észlelését, értelmezését (Bartlett, 1985), miközben folyamatosan módosul a feldolgozott új információk hatására. A sémák hatnak egymásra, dinamikusan szerveződnek, és nagyobb egységeket (pl. forgatókönyv, memóriacsomag, szemantikus emlékezeti egység) alkotnak (Baddeley, 2001). Emléknyo-

mainkat a kognitív sémák szervezik gondolkodássá. Csakis azok az emlényomok játszanak szerepet gondolkodásunkban, amelyek a meglévő kognitív sémáinkhoz kapcsolódnak (Mérő, 2001. 175. o.), azt tudjuk észlelni, amihez rendelkezünk megfelelő sémával.

Az ismeretrendszer minősége, szerveződésének szintje egyénenként eltérő, adott személy esetében is folyamatosan változó, alakuló. A kognitív pszichológiában a kutatók az egyszerű, hierarchikus fogalomrendszerek szerveződését verifikációs feladatokkal (a vizsgált fogalmi hierarchia alapján megfogalmazott kijelentések igazságtartalmára vonatkozó kérdésekkel), a sémák szerveződését pedig szituációk, szövegek értelmezésén és felidézésén keresztül igyekeztek feltárni. A pedagógiai kutatásokban az ismeretek, meggyőződés feltárásának egyik leggyakoribb módszere a *Piaget* (1929) által kifejlesztett klinikai interjún alapul. *Piaget* kisgyerekeket kérdezett ki, hogy megtudja, milyen tudás, meggyőződés rejlik válaszaik mögött, amikor a világ egy-egy jelenségére magyarázatot adnak. Az interjún kívül elterjedtek az olyan feladatsorok is, amelyek a tanulók hétköznapi tapasztalataira alapozva, nyitott kérdések formájában kérnek tudományos magyarázatot a világ jelenségeire. A válaszok tartalmi elemzésével, kategorizálásával megadható az adott jelenség értelmezésének szintje, azonosíthatók a megértési problémák, nehézségek (Korom, 2002). A memóriában tárolt fogalmak rendszerét, a fogalmak kapcsolatait szemléletes formában jelenítik meg, illetve az új ismeretek elsajátítását is segíthetik a különböző fogalomtérképezési technikák (Novak, 1990; Kiss és Tóth, 2002; Nagy L.-né, 2005, Habók, 2008).

Az ismeretek tanulása és a megértés

A fogalomalkotással kapcsolatos elméleti kutatások mellett az 1970-es években egy másik irány is kibontakozott az angolszász pedagógiai kutatásokban, amely a megértés fontosságát, az értelemgazdag tanulást (*meaningful learning*) segítését emelte ki a mechanikus tanulással, memorizálással szemben. Értelmesnek akkor tekinthető a tanulás, ha az egyes fogalmak nem szigetelődnek el a tanulók tudatában, hanem szervesen hozzákapszolódnak a már meglévő fogalmakhoz, kiépítve egy összefüggő, értelmes kapcsolatokkal rendelkező fogalomrendszert (Ausubel, 1968; Roth, 1990; a téma áttekintését magyarul lásd: Habók, 2004). Az így

szervezett ismeretek könnyen előhívhatók és felhasználhatók, illetve bővíthetők új fogalmak, kapcsolatok beépítésével. Az értelemgazdag tanulás koncepciójából nőttek ki azok a kutatások, amelyek azt vizsgálták, hogyan szerzik meg és alakítják a tanulók azt a hierarchikusan szervezett fogalmi keretet, amellyel elemezni és értelmezni tudják a természeti, társadalmi környezet jelenségeit (*Duit és Treagust, 1998*). Az értelemgazdag tanulás napjainkban az ismeretelsajátítás és a megértés kutatása mellett szorosan összekapcsolódik az önszabályozó tanulással, a tanulási stratégiák vizsgálatával is (*Artelt, Baumert, Julius-McElvany és Peschar, 2003; B. Németh és Habók, 2006*).

Az értelemgazdag tanulás koncepciójára, *Piaget (1929, 1970)* és *Vigotszkij (1967)* kutatásaira, valamint a kognitív pszichológiának a tudásreprezentációra vonatkozó eredményeire támaszkodva bontakozott ki az 1980-as években a tanulás konstruktivista szemléletmódja. Alapfeltevése, hogy a tanuló nem passzív befogadó, hanem aktív résztvevő saját tudásának létrehozásában, formálásban. A tudáskonstruálás a már meglévő tudás és az új tudás összeillesztésével, összerendezésével zajlik, tehát a tanulás eredményességében kulcsfontosságú szerepe van az előzetes ismeretek minőségének, a világ megismerését befolyásoló előfeltevéseknek, meggyőződéseknek, a régi és az új tudás összeilleszthetőségének (*Pope és Gilbert, 1983; Glaserfeld, 1995; Nahalka, 2002a*). Kezdetben az ismeretek elsajátításakor az egyén pszichikus rendszerében zajló kognitív folyamatok és befolyásoló tényezők feltárása dominált, majd az 1990-es évektől kezdve a társas kogníció, az ismeretelsajátítás szociális aspektusai kerültek előtérbe.

Tanulói tévképzetek és naiv meggyőződések

A tudományos ismeretek elsajátítását befolyásoló tanulói előismeretek, meggyőződések kutatása *Ausubel (1968)* elméleti munkái nyomán, az 1970-es évek elején, a „szputnyiksokkot” követő tantervi reformok hatásának elemzésekor kezdődött az USA-ban, és rövidesen az oktatáskutatás egyik népszerű területe lett szerte a világon. Kezdetben a természettudományi és matematikai tantervi projektek esetében vizsgálták, megvalósult-e az értelmes tanulás, az iskolában szerzett tudományos ismereteket tudják-e alkalmazni a tanulók a hétköznapi jelenségek magyarázatában. Az eredmények azt mutatták, hogy a tanulók ismeretei között számos

olyan van, amely nem egyeztethető össze a tudományos nézetekkel. Ezeket a naív általánosításokból származó, a tudományos koncepcióknak nem megfelelő vagy azokkal épp ellentétes szemléletet tükröző tanulói fogalmakat tévképzeteknek (*misconception*) nevezték el (Novak, 1983).

A kezdeti vizsgálatok óta eltelt négy évtized alatt több ezer felmérés irányult arra, hogy a különböző tantárgyi területeken megvizsgálják a tanulók ismereteit, és feltárják a tévképzetek jellemzőit. Kiderült, hogy a tudományos ismeretek megértése számos tudományterületen problémát jelent. Különösen sok tévképzetet azonosítottak a természettudományok tanulásában, például a newtoni mechanika, az anyagszerkezeti ismeretek, a biokémiai folyamatok, az öröklődés témák esetében (Helm és Novak, 1983; Novak, 1987; 2005; Duit, 1994). A tudományos ismeretek elsajátításával és annak problémáival több hazai empirikus vizsgálat is foglalkozott (pl. Nagy L.-né, 1999; Tóth, 1999; Korom, 2003; Kluknavszky, 2006; Dobóné, 2007; Ludányi, 2007). A tévképzetekről kiderült, hogy előfordulásuk nem egyedi, néhány tanulónál tapasztalható jelenség, megjelenésüket nem lehet csupán a tanulói erőfeszítés, szorgalom hiányával, a tananyag felszínes elsajátításával magyarázni. Ugyanazon tévképzetek széles körben, az iskolázottság különböző szintjein és különböző nemzetiségű tanulóknál is megjelennek (a tévképzetkutatások áttekintését lásd Korom, 1997).

A tévképzetek kutatása rámutatott arra is, hogy a tanulók meggyőződései hasonlítanak a tudománytörténetből ismert korábbi elméletekre (Wandersee, 1985). Például az erő és a mozgás kapcsolatának értelmezésében az arisztotelészi fizika vagy a középkori lendületelmélet; a hő és a hőmérséklet fogalommal kapcsolatban a középkori kalóriaelmélet; az evolúció kapcsán a Lamarck-féle elmélet; az élet fogalmával összefüggésben az „életerő” (*vis vitalis*)-elmélet, az öröklődéssel kapcsolatban a vérelmélet ismerhető fel a tanulói válaszokban. E jelenségek inspiráltak olyan tudományfilozófiai és tudománytörténeti kutatásokat, amelyek a *kuhni* paradigmaváltás-elméletet alapul véve vizsgálták bizonyos témák, fogalmak (pl. élet, elme, betegségek) értelmezésében megjelenő konceptuális változások jellegét a kezdeti tudományos magyarázatoktól napjainkig, és vetették össze a tudománytörténeti magyarázatokat a tanulóknak, felnőttek körében megjelenő elképzelésekkel (Arabatzis és Kindi, 2008; Thagard, 2008).

A tévképzetek megjelenésének, tartósságának magyarázatához a megismerés fejlődés-lélektani törvényszerűségeinek feltárása nyújtott segítség-

get (Gopnik, Meltzoff és Kuhl, 2003). Néhány hónapos csecsemők kísérleti helyzetekben mutatott reakcióiból arra lehetett következtetni, hogy a tárgyak észlelésekor használnak olyan, a tárgyak tulajdonságaira vonatkozó tudáselemeket, mint például a szilárdság, a folytonosság, a kohézió, vagy olyan alapelveket, mint például „egy tárgy nem lehet egyszerre két helyen”, „a tárgyak alátámasztás nélkül leesnek” (Spelke, 1991). A 4-7 éves gyerekekkel készült interjúk megerősítették, hogy kisgyermekkorban a kognitív rendszerben mélyen gyökerező, velünk született tudásterület-specifikus alapelvek irányítják a világ megismerését kisgyermekkorban. Jelenleg a szakirodalom a tudásterületek közül az intuitív pszichológiáról, a töle 4-6 éves korban elkülönülő intuitív biológiáról, az intuitív számfogalom fejlődéséről és az intuitív anyagfogalom változásáról tartalmaz részletes leírásokat (Carey és Spelke, 1994; Inagaki és Hatano, 2008).

Az eddigi kutatások alapján elmondható, hogy a gyerekek a világ jelenségeit tudásterület-specifikus alapelveik, meggyőződéseik által korlátozva, saját tapasztalataik alapján értelmezik, és elméletszerű magyarázó kereteket hoznak létre. A gyerekek világról való kezdeti tudását az egyes kutatók többféle elnevezéssel (pl. naiv meggyőződés, naiv elmélet, alternatív fogalmi keret, gyermektudomány, intuitív fogalom, oktatás előtti tudás), de hasonló módon jellemezték. A gyermeki meggyőzések a látható dolgok, jelenségek megfigyelése alapján levont következtetésekre épülnek, nélkülözik a jelenségek mögötti valódi okok ismeretét, megértését. Mindezekből adódóan a gyerekek meggyőzései a világ megismerésének egy másik – tapasztalati – szintjét képviselik, mint az ugyanazon jelenségek magyarázatára született, az elmélet- és a modellalkotás irányából induló tudományos magyarázatok. A gyermekek fogalmai, meggyőzései a világról természetszerűleg eltérnek a tudományos megközelítésektől, különösen olyan témák esetében, ahol a jelenségek megértése pusztán tapasztalati úton nem lehetséges. A gyermektudomány jellemzőiről az utóbbi évtizedekben számos adat gyűlt össze a természettudományok, különösen a fizika területén (Nahalka, 2002a, 2002b).

A gyerekek tehát nem tiszta lappal, hanem a világot magyarázó naiv meggyőzésekkel kezdik meg iskolai tanulmányaikat. A tanulás során a már meglévő tudásuk jelenti a kiindulási alapot, ezzel az előzetes tudással kell összhangba hozniuk a tananyagban szereplő új ismereteket. Problémamentes a tanulás akkor, ha a tapasztalati tudás és a tudományos ismeret között nincs ellentmondás, ilyenkor az ismeretek könnyen asszi-

milálhatók, a fogalmi rendszer folyamatosan bővíthető (pl. az élőlények jellemzői, életjelenségei). Tévképzetek nagy valószínűséggel akkor jelennek meg, ha a tapasztalati tudás nem hozható összhangba a tudományosan elfogadott elmélettel. Például a gyerekekben élő arisztotelészi világkép a testek mozgásáról (a mozgásnak mindig oka van, ha nincs mozgást fenntartó tényező, a test megáll) nem fordítható át a newtoni mechanika elméleti modelljébe (a mozgás nem szűnik meg spontán módon, inercia-rendszerben a magára hagyott testek állnak vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek). A newtoni mechanika tanulásakor jelentkező értelmezési problémát a gyerekek többféle módon hidalhatják át. A régi és az új tudás keveredésével, az új információ különböző mértékű eltorzításával téves elképzeléseket alakítanak ki, vagy bemagolják, de nem kapcsolják össze szervesen a régi tudást az újjal. Gyakori jelenség, hogy különválasztják a mindennapi tapasztalatot és az iskolában tanult ismereteket, létrehozva ezzel a világ kétféle magyarázatát, a hétköznapi és az iskolai tudást.

Akkor, amikor a naiv elképzelés és a tudományos ismeret nem kompatibilis, a tudományos ismeretek megértéséhez, elfogadásához a tanulóknak jelentős kognitív erőfeszítéseket kell tenniük. Arra kényszerülnek, hogy felülbírálják naiv meggyőződéseiket és átrendezzék kezdeti tudásukat, fogalmi rendszerüket, hasonlóan ahhoz, ahogyan *Piaget* (1929) értelmezte a kognitív rendszer akkomodációját. Azok a nehézségek, amelyekkel a tanulóknak meg kell küzdeniük, amikor a hétköznapi nézeteiket a tudományossal összeegyeztetik, párhuzamba állíthatók a tudománytörténetből ismert, *Kuhn* (1984) által leírt paradigmaváltásokkal, mint például a geocentrikus világkép helyett a heliocentrikus világkép elfogadása vagy a newtoni elmélet felváltása a relativitáselmélettel (*Arabatzis és Kindi*, 2008).

A fogalmi váltás elméletei

A tudományos ismeretek tanulása során a tanulók ismeretrendszerében bekövetkező átrendeződések lényegét és a fogalmi átrendeződés elősegítésének lehetőségeit többféle módon közelíti meg a szakirodalom (a részletes áttekintést lásd *Korom*, 2000, 2005). *Posner, Strike, Hewson és Gertzog* (1982) a fogalmi váltást fogalmi csereként értelmezték, amely a régi és az új fogalmak ütköztetésével kialakult kognitív konfliktus feloldásakor

jön létre azáltal, hogy a tanuló belátja saját naiv meggyőződéseinek korlátait, és érvényesnek, hasznosnak fogadja el az új fogalmakat, az új magyarázó keretet. Más kutatók (*Chinn és Brewer, 1998; Spada, 1994*), viszont rámutattak arra, hogy a tanulók nem képesek kitörölni, teljes mértékben feladni, lecserélni korábbi meggyőződéseiket, ezért inkább a többszörös reprezentációk kezelésére, az ismeretelsajátítás metakognitív stratégiáinak fejlesztésére érdemes a tanítás során helyezni a hangsúlyt. Ugyanazt a jelenséget többféle szinten is tudjuk reprezentálni: a kezdeti tapasztalati szintre az iskolai tanulmányok során ráépülhet egy magasabb, értelmező szint, ehhez azonban a világ megismerési módjai közötti különbségek megértése, a tanulási folyamatról és a saját tudásról való gondolkodás fejlesztése szükséges.

A kognitív fejlődéslélektannal foglalkozó kutatók közül *Carey (1985)* a kognitív fejlődés során spontán bekövetkező változásokat vizsgálva különbséget tett az átrendeződések radikális és kevésbé radikális formái között. *Vosniadou (1994)* arra hívta fel a figyelmet, hogy a fogalmi átrendeződések területspecifikusak, hosszú idő alatt mennek végbe, és jelentős kognitív erőfeszítést igényelnek. A tévképzetek leküzdéséhez ugyanis a világ megismerését alapvetően meghatározó, mélyen belénk ivódott alapelvek megváltoztatása szükséges. Például, annak az alapelvnek az elvetése, hogy a dolgok olyanok, amilyenek látszanak; vagy annak belátása, hogy a leejtett tárgyak látszólag a felszínre merőlegesen esnek, a gravitáció iránya azonban a teljes Föld viszonylatában nem felülről lefelé, hanem a Föld középpontja felé mutat (*Vosniadou, 1994*). Vannak olyan esetek, amikor a fogalmi váltás során a gyerekeknek a világ entitásainak ontológiai kategóriákba való besorolását kell újragondolniuk. Például, a hőt kezdetben az anyagokhoz sorolják, és később, ha megértik, hogy nem anyag, átrakják egy másik kategóriába, a folyamatokhoz; vagy a növényeket kezdetben élettelen tekintik, majd az életkritériumok, életjelenségek megértése, megfigyelése után belátják, hogy azok is élőlények, és átrakják őket az élőlények csoportjába (*Chi, Slotta és de Leeuw, 1994*). A fogalmi váltás mechanizmusának kutatási irányai napjainkban egyre szerteágazóbbak, a spontán és az oktatás által indukált átrendeződések vizsgálata mellett kiterjednek a fogalmi váltást befolyásoló kognitív tényezőkre, például a tanulók episztemológiai és metakognitív tudására (*Vosniadou, 2008*). A kognitív változókra koncentrált „hideg fogalmi váltás” (*Pintrich, Marx és Boyle, 1993*) mellett az utóbbi évtizedben – a *Vigot-*

szkij munkáira épülő szociális konstruktivista megközelítési mód előtérbe kerülésének köszönhetően – megjelent az affektív (*Murphy és Alexander*, 2008) és a szociokulturális tényezők (*Caravita és Halldén*, 1994; *Saljö*, 1999; *Halldén, Scheja és Haglund*, 2008; *Leach és Scott*, 2008) hatásának vizsgálata is.

A kognitív tudomány eredményeinek hatására ártértékelődött a tartalmi tudás szerepe, jelentősége a tanulásban. Az ismeretek rögzítése és reprodukálása helyett az értelmes tanulásra, a jól szervezett, hatékonyan felhasználható ismeretrendszer kialakítására került a hangsúly, amely feltétele a magasabb rendű gondolkodási képességek működésének.

A szakértői tudás

A kognitív pszichológia és a mesterségesintelligencia-kutatások alapvető kérdése, hogyan szerveződik tudásunk, mi teszi gondolkodásunkat rugalmassá, hatékonyá, hogyan tudunk gyorsan és adaptívan reagálni a különböző szituációkban, feladathelyzetekben. A kognitív pszichológusok az emberi megismerést információfeldolgozásként értelmezik, kezdetben analógiaként, majd modelláló eszközként használták a számítógépet az ember információfeldolgozási és gondolkodási folyamatainak leírásához.

Részletesen vizsgálták a szakértői tudást kezdetben a sakk terén (*Simon*, 1982), majd más területeken is. Például az orvosi diagnosztika, a fizika, kémia, tudományos vizsgálódás, problémamegoldás (*Chi, Feltovich, Glaser*, 1981; *Hackling és Garnett*, 1992; *Kozma és Russel*, 1997) területén hasonlították össze az adott területen kezdők és szakértők kognitív teljesítményét, feladatmegoldásának módját. Az eredmények jelzik, hogy a kezdők és a szakértők között az információfeldolgozás alapvető folyamatait (pl. tárolás a rövid távú memóriában, az információk azonosításának, keresésének sebessége) tekintve nincs jelentős eltérés. Különbség van viszont a tárolt ismeretek mennyiségében és a tudás szervezettségében. A szakértők lényegesen több ismerettel rendelkeznek, de ennél még fontosabb különbség az, hogy míg a kezdők tudása egymástól elszigetelt elemekből áll, a szakértők tudása szervezett. A szakértők sémákban, struktúrákban gondolkodnak, az információ szervezésére, kezelésére, előhívására hatékonyabb stratégiákat használnak. Míg egy amatőr sakkozó néhány száz, addig a sakkmeister több tízezer sémát ismer. A sakkmeister

sémái komplexebbek, bonyolult kapcsolatban állnak egymással, ami lehetővé teszi, hogy az egyes játékkállásokat, lépéskombinációkat ne egyedi-
leg, hanem nagyobb rendszerben kezelje. Ez a magyarázata annak, hogy egy játékkállást szemlélve miért lát az amatőr sok, a mester pedig csak néhány értelmes lehetőséget (Mérő, 2001). A sakkozók esetében tapasztalt különbségek más szakterületekre, szakmákra is érvényesek, egy szakma mesterei több tízezer sémát ismernek saját szakterületükhöz kapcsolódóan. Egy szakterület kognitív sémái specifikusak az adott szakterületre, és olyan teljesítményt tesznek lehetővé, amely az adott szakterületen járatlan ember számára elképzelhetetlennek tűnnek.

A nagymesteri szint eléréséhez sok tanulásra, legalább tíz-tizenöt évnyi munkára van szükség. A szakmai fejlődésben a sémák számát tekintve Mérő László (2001. 195. o.) négy szintet különít el. Az első a kezdő szint, ahol az egyén csak néhány tíz sémával rendelkezik, gondolkodását, problémamegoldását a hétköznapi sémák alkalmazása jellemzi. Nem ismeri a szaknyelvet, lassan old meg feladatokat, nem képes azokra rálátni, nem ismeri az összefüggéseket, és nem tudja megfogalmazni, hogy mit nem tud. A következő szintre, a haladó szintre néhány évnyi tanulás révén lehet eljutni. Ekkor az egyén már néhány száz, a szakterülethez kötődő, egyszerű sémát birtokol. A szaknyelvet nehezen használja, szakmai kommunikációjának minősége változó, a problémamegoldásban kevert, a szakmai és a hétköznapi sémákat vegyítő, logikátlan megoldásokat alkalmaz, mivel szakmai tudása még nem elegendő a problémák átlátásához. Szaktudásáról való tudása a kezdő szinthez képest változást mutat, tudja, hogy még mit nem tud. A következő szint a mesterjelölt szintje, amelyhez felsőfokú képzettség, legalább ötévnapi tanulás szükséges. A mesterjelölt (vagy szakértő) néhány ezer sémával rendelkezik, sémáit adekvátnan használja, problémamegoldása a szakma logikáját követi, gondolkodása racionális, szakmai kommunikációja tárgyyszerű, korrekt, tudja, hogy mit tud és azt honnan tudja. A legmagasabb szintre, a nagymesteri szintre már csak kevesen jutnak el, hiszen ehhez a hosszú, legalább tízévnapi tanulás mellett kiemelkedő tehetség is szükséges. A nagymester több tízezer komplex sémával rendelkezik, problémamegoldása képi, szintetikus, gondolkodása intuitív. Sémáinak egy részét nem tudja szavakkal megfogalmazni, saját egyéni nyelvet használ a gondolkodásra. A problémákat nem vezetéssel, hanem intuitív módon oldja meg, képes meglátni a probléma lényegét és a megoldást. Szakmai kommunikációja mélyen intuitív, infor-

mális, áttekintő, szakmai érvek helyett analógiákat használ. Tudatossági szintjére jellemző, hogy tudja, mi a helyénvaló, de nem tudja, honnan tudja.

A különböző szakmák eltérnek abból a szempontból, hogy mennyi idő szükséges a mesteri szint eléréséhez. Az absztraktabb tudományok (pl. matematika) esetében az érés gyorsabb, mint a hétköznapi sémákhoz közelebb álló tudományoknál (pl. biológia). Az utóbbi esetben időre van szükség a hétköznapi és a szakmai sémák különválasztásához.

A szakértelem elsajátítása kumulatív folyamat, szakmai ismereteinket akár egész életünkön át gyarapíthatjuk, ezért szokták ezt a tudástípust a kristályos intelligenciához hasonlítani. A szakértői tudás fejlődésében nincs kiemelt életkori szakasz, de a szakmai alapokat célszerű fiatal korban megszerezni (Csapó, 2004c). A szakértelem fejlődési fokozatai alapján látható, hogy az általános iskolai oktatás a kezdő, a középiskolai a haladó szintig képes eljuttatni a tanulókat. A diszciplináris szemléletű oktatás arra törekszik, hogy közvetítse az adott tudományterület logikáját, szemléletmódját, alapvető ismereteit. A tanulóknak számos új fogalmat, tényt kell megtanulniuk. Elsősorban azoknak az ismereteknek az elsajátítása lesz eredményes, amelyek illeszkednek a hétköznapi sémákhoz. Ha túl absztrakt a tananyag, messze van a tanulók által még követhető tapasztalati szinttől, nem illeszthető össze a tanulók hétköznapi sémáival, a szaktudományi és a hétköznapi tudás kevert rendszere jön létre, megjelennek a tévképzetek, a megértési problémák.

A szakértelem az adott szakterület által meghatározott ismeretek, készségek és képességek összessége, amely csak az adott tudomány kontextusában alkalmazható (Csapó, 2004c). Aki szakértője lesz egy szakterületnek, könnyen, gyorsan megoldja az ismert feladatokat, hiszen kész sémái vannak az egyes helyzetekre, mozgósítani tudja a megtanult algoritmusokat. A szakértelem elengedhetetlen az adott szakma színvonalas műveléséhez, de a szakmai sémák (pl. egy sebész, sakkozó vagy vegyész specifikus szaktudása) más szakterületeken vagy a hétköznapi életben csak kismértékben hasznosíthatók. A természettudományok diszciplináris szemléletű oktatása a szakértői tudást alapozza meg, ami jó azoknak a tanulóknak, akik az adott szakterületet mesterjelöltjei, mesterei szeretnék majd később lenni. Felmerül a kérdés, hogyan lehet egyszerre megalapozni a szakértői tudást és a mindenki számára szükséges természettudományos műveltséget, melyek azok az ismeretek, területspecifikus készségek, amelyek elsajátítása, begyakorlása elengedhetetlen a tanulmányok során.

A szaktudományi tudás megjelenése tantervi és értékelési dokumentumokban

A szakértői tudás helyett napjainkban a természettudományos műveltség kialakításának igénye került előtérbe, ami nem jelenti a szaktudományi vagy tartalmi tudás háttérbe szorítását, inkább a hangsúlyok átrendeződéséről, a tanulási célok és az azokat szolgáló szaktudományi tartalmak újragondolásáról van szó. A természettudományos műveltségnek számos megközelítése, modellje létezik (lásd 2. fejezet), a diszciplináris tudás elemei azonban mindegyikben helyet kapnak. A továbbiakban néhány tantervi, értékelési dokumentum alapján mutatunk példákat a tartalmi elemek jellegére, körülhatárolására.

Tartalmi területek

Klieme és mtsai. (2003. 20. o.) a jó oktatási standardok jellemzői között említik a tantárgyspecifikusságot (*subject-specificity*) és a fókuszot (*focus*): a standardok specifikus tartalmi területekhez kötődjenek, világosan jelöljék ki az adott diszciplína vagy tantárgy alapelveit; ne fedjék le az adott diszciplína vagy tantárgy teljes rendszerét, a központi területekre (*core area*) koncentrálnak. A tartalom szempontjából megvizsgálva néhány természettudományos tantervet, tartalmi standardot, értékelési keretet, elmondható, nem jellemző a természettudományos diszciplínák teljes leképezése. Több esetben tapasztalható, hogy a fő tartalmi területek között nem szerepel minden diszciplináris terület, és egy-egy diszciplínán belül is csak néhány téma kerül előtérbe. Gyakori, hogy az egyes természettudományos diszciplínák felépítésének, logikájának megfelelő specifikus témakörök mellett megjelennek átfogóbb témák, a természettudományos diszciplínákon átívelő tartalmak, alapelvek is.

Az angol nemzeti alaptanterv (*The National Curriculum for England*) négy tartalmi területet ad meg: Tudományos kutatás (*Scientific inquiry*), Életfolyamatok és élőlények (*Life processes and living things*), Anyagok és sajátságai (*Materials and their properties*), Fizikai folyamatok (*Physical processes*).

Az ausztrál tanterv (*The Australian Curriculum*) tartalmi elemei között megtalálhatók a természettudományos diszciplínák: Biológia (*Biological sciences*), Kémia (*Chemical sciences*), A Föld és a világűr (*Earth and*

space sciences), Fizika (*Physical sciences*), amelyek kiegészülnek a tudománnyal kapcsolatos témákkal: A tudomány természete és fejlődése (*Nature and development of science*), A tudomány haszna és hatása (*Use and influence of science*).

A kanadai tanterv (*The Ontario Curriculum: Science and Technology, 2007*) a követelményeket négy területen (*strand*) határozza meg: Élő rendszerek megértése (*Understanding Life Systems*), Struktúrák és mechanizmusok megértése (*Understanding Structures and Mechanisms*), Az anyag és az energia megértése (*Understanding Matter and Energy*), A Föld és a világűr megértése (*Understanding Earth and Space Systems*).

Az 1996-ban megjelent amerikai természettudományos nevelési standardok (*National Science Education Standards – NSES*) nyolc természettudományos tartalmi standardot (*Science Content Standards*) határozott meg (NRC, 1996. 103–108. o.):

(1) A természettudományos fogalmak és folyamatok egyesítése standard (*Unifying concepts and processes in science*) olyan integrált sémákat tartalmaz, amelyek kialakítása több éven át zajlik, és a természettudományos oktatás végére (K-12) várható el a tanulóktól. Ezek az átfogó tudáselemek a következők: Rendszerek, rend és szerveződés (*Systems, order, and organization*); Bizonyíték, modellek és magyarázat (*Evidence, models, and explanation*); Változás, állandóság és mérés (*Change, constancy, and measurement*); Evolúció és egyensúly (*Evolution and equilibrium*); Alak és funkció (*Form and function*).

(2) A tudomány mint vizsgálódás standardok (*Science as inquiry standards*) a Tudományos kutatáshoz szükséges képességeket (*Abilities necessary to do scientific inquiry*) és a Tudományos kutatás megértését (*Understanding about scientific inquiry*) lehetővé tevő tudást írják le. Egy új megközelítés, a „tudomány folyamatai” jelenik meg bennük, amely elvárja a tanulóktól a folyamatok/eljárások és a tudományos ismeretek összekapcsolását, a tudományos következtetés és a kritikai gondolkodás alkalmazását a tudomány megértéséhez.

(3–5) A Fizikai tudomány (*Physical science standards*), az Élettudomány (*Life science standards*), a Föld- és űrtudomány (*Earth and space science standards*) standardok a természettudományos tantárgyi tartalmakat adják meg három átfogó területen. Azokra a tudományos tényekre, fogalmakra, alapelvekre, elméletekre és modellekre fókuszálnak, amelyeket minden tanulónak ismernie, értenie és alkalmaznia kell.

(3) A Fizikai tudomány standardokban megjelenő témák a K–4 szinten: A testek és anyagok tulajdonságai (*Properties of objects and materials*), A tárgyak helyzete és mozgása (*Position and motion of objects*); Fény, hő, elektromosság és mágnesesség (*Light, heat, electricity, and magnetism*). A K 5–8 szinten: Az anyagi tulajdonságok és változásai (*Properties and changes of properties in matter*), Mozgások és erők (*Motions and forces*), Energiaátadás (*Transfer of energy*). A K 9–12 szinten: Atomszerkezet (*Structure of atoms*), Az anyag szerkezete és tulajdonságai (*Structure and properties of matter*), Kémiai reakciók (*Chemical reactions*), Mozgások és erők (*Motions and forces*), Az energia megmaradása és a rendezetlenség növekedése (*Conservation of energy and increase disorder*), Az energia és az anyag kölcsönhatásai (*Interactions of energy and matter*).

(4) Az Élettudomány standardok a következő témakörökre terjednek ki a K–4 szinten: Az élő szervezetek jellemzői (*Characteristics of organisms*), Az élő szervezetek életciklusai (*Life cycles of organisms*), Az élő szervezetek és környezetük (*Organisms and environments*). A K 5–8 szinten: Szerkezet és funkció az élő rendszerekben (*Structure and function in living systems*), Reprodukció és öröklődés (*Reproduction and heredity*), Szabályozás és viselkedés (*Regulation and behaviour*), Populációk és ökoszisztémák (*Populations and ecosystems*), Az élő szervezetek sokfélesége és alkalmazkodása (*Diversity and adaptations of organisms*). A K 9–12 szinten: A sejt (*The cell*), Az öröklődés molekuláris alapjai (*Molecular basis of heredity*), Biológiai evolúció (*Biological evolution*), Az élő szervezetek egymásra utaltsága (*Interdependence of organisms*), Anyag, energia és szerveződés az élő rendszerekben (*Matter, energy, and organization in living systems*), Az élő szervezetek viselkedése (*Behaviour of organisms*).

(5) Föld- és űrtudomány standardok a K–4 szinten a következő témaköröket emelik ki: A földi anyagok jellemzői (*Properties of earth materials*), Objektumok az égen (*Objects in the sky*), Változások a Földön és az égen (*Changes in earth and sky*). A K 5–8 szinten: A Föld szerkezete (*Structure of the earth system*), Földtörténet (*Earth's history*), A Föld a Naprendszerben (*Earth in the solar system*). A K 9–12 szinten: Energia a földön (*Energy in the earth system*), Geokémiai ciklusok (*Geochemical cycles*), A Föld eredete és fejlődése (*Origin and evolution of the earth system*), Az univerzum eredete és fejlődése (*Origin and evolution of the universe*).

(6) A tudomány és technika standardok (*Science and technology standards*) a természetes és a mesterséges környezet között teremtenek kap-

csolatot, és a döntéshozatalhoz szükséges képességek fejlesztésére helyezik a hangsúlyt. A tudományos kutatás képességeit kiegészítve felhívják a figyelmet a következő képességekre: a probléma felismerése és megfogalmazása, a megoldás tervezése, költség-kockázat-haszon elemzése, a megoldás kipróbálása és értékelése. Ezek a standardok szorosan kapcsolódnak más területekhez, például a matematikához.

(7) A tudomány személyes és szociális vonatkozásai standardok (*Science in personal and social perspectives standards*) kiemelik a döntéshozatali képességek fejlesztését olyan témák esetében, amelyekkel a tanulók állampolgárként a személyes életükben és a társadalom tagjaiként szembesülnek. Ilyen témák például: személyes és közösségi egészség, a populáció növekedése, természetes erőforrások, környezeti minőség, természeti és az ember által indukált veszélyek, a tudomány és technológia helyi, nemzeti és globális kihívásai.

(8) A tudomány története és természete standardok (*History and nature of science standards*) rámutatnak arra, hogy a tudománytörténet segít tisztázni a tanítás során a tudományos kutatás különböző aspektusait, a tudomány emberi tényezőit, és azt a szerepet, amelyet a tudomány játszott a különböző kultúrák fejlődésében.

Az NSES mellett az amerikai nemzeti természettudományos felmérések (*National Assessment of Education Progress – NAEP*) értékelési kereteinek kidolgozására nagy hatással volt a Project 2061, amelyet az *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) szervezet indított el. A projekt keretében készült dokumentumok közül két könyv gyakorolta a legnagyobb hatást. A *Science for All Americans* (AAAS, 1989) azt a kérdést járja körül, hogy milyen tudásra kellene szert tennie minden amerikai fiatalnak a középiskola végére, hogyan lehet átalakítani a természettudományos nevelést úgy, hogy az megfeleljen a 21. század igényeinek, és megfelelő tudást adjon nemcsak a jelenben, hanem akkor is, amikor a Halley üstökös 2061-ben visszatér. A *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993) az elsajátítás szintjeit a 2., 5., 8. és 12. évfolyamok végén adta meg. Tizenkét tartalmi területet határozott meg: A tudomány természete (*Nature of science*); A matematika természete (*Nature of Mathematics*); A technológia természete (*Nature of technology*); Fizikai környezet (*Physical setting*); Az élő környezet (*The living environment*); Az emberi szervezet (*The human organism*); Az emberi társadalom (*Human society*), A mesterséges világ (*The designed world*), A matematikai

világ (*The mathematical world*); Történeti perspektívák (*Historical perspectives*); Közös témák (*Common themes*); Gondolkodásmódok (*Habits of mind*). A Project 2061 kidolgozói a természettudományos tartalmak kiválasztásának öt kritériumát határozták meg: hasznosíthatóság (*Utility*), társadalmi felelősség (*Social responsibility*), a tudás benső értéke (*Intrinsic value of the knowledge*), filozófiai érték (*Philosophical value*), gyermek-kori gazdagítás (*Childhood enrichment*).

Az új amerikai természettudományi standardokhoz készült elméleti keret (*A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, 2011) négy tartalmi területet különít el: Élettelen tudományok (*Physical Sciences*), Élettudományok (*Life Sciences*), Föld- és űrtudományok (*Earth and Space Sciences*), Mérnöki tudományok, technológia és a tudomány alkalmazásai (*Engineering, Technology, and the Applications of Science*).

Az ausztrál Új-Dél-Wales állam követelményeiben (*Board of Studies New South Wales of Australia*, 2006) a következő tartalmi elemek szerepelnek: Mesterséges környezetek (*Built environments*), Információ és kommunikáció (*Information and communication*), Élő dolgok (*Living things*), Fizikai jelenségek (*Physical phenomena*), Produktumok és szolgáltatások (*Products and services*), a Föld és környezete (*Earth and its surroundings*). Victoria állam természettudományi standardjai (*The Victorian Essential Learning Standards – VELS*) csak két dimenziót különítenek el: Tudományos tudás és megértés (*Science knowledge and understanding*), A tudományos munka (*Science at work*).

A német képzési standardok (*Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss, Jahrgangsstufe 10*) három természettudományos diszciplína (biológia, fizika, kémia) esetében állnak rendelkezésre a középiskola 10. évfolyamán.

Hong Kong (*Learning Outcomes Framework – LOF*) hat területen (*strand*) határozza meg a követelményeket: Tudományos vizsgálódás (*Science investigation*), Az élet és az élőlények (*Life and Living*), A fizikai világ (*The Material World*), Energia és változás (*Energy and Change*), A Föld és azon túl (*The Earth and Beyond*), Tudomány, technika, társadalom és környezet (*Science, Technology, Society and Environment*).

A bemutatott néhány nemzetközi példa alapján látható, hogy a természettudományos diszciplinák logikáját követő tartalmi felosztás változó módon, többféle formában jelenik meg a tantervi és értékelési dokumentu-

mokban. A tartalmi elemek jellege függ attól, hogy az adott országban hogyan értelmezik a természettudományos nevelés céljait, feladatait. A specifikus diszciplináris tartalmak a legtöbb esetben kiegészülnek a tudomány jellegére és működésére, illetve a tudás és a technika kapcsolatára vonatkozó elemekkel.

Alapfogalmak, alapelvek

Számos tantervi és értékelési dokumentum alapfogalmakat, alapelveket is meghatároz, azzal a céllal, hogy az elaprózott tudáselemek helyett a tanulók korszerű természettudományos szemléletmódra, gondolkodásmódra tegyenek szert. Az alapfogalmak, alapelvek szerepe, tartalma, száma a nemzeti dokumentumokban nagy változatosságot mutat.

A kanadai tantervben (*The Ontario Curriculum: Science and Technology, 2007*) az alapfogalmak, alapelvek, célok és követelmények rendszere egymásra épülő, az egyes témakörökön következetesen végigvonuló rendszert (6. o.) alkot. Az alapfogalmak (anyag, energia, rendszerek és kölcsönhatások, struktúra és funkció, fenntarthatóság és a környezet védelme, állandóság és változás) alapján alapelveket (*big ideas*) fogalmaz meg a tanterv, amelyek kijelölik a célokat. A célok három területre irányulnak: (1) A tudomány és a technika kapcsolata a társadalommal és a környezettel; (2) A tudományos vizsgálódáshoz és a technológiai problémamegoldáshoz szükséges készségek, stratégiák és gondolkodási módok fejlesztése; (3) A tudomány és a technika alapfogalmainak megértése. Mindhárom célból átfogó és specifikus követelményeket vezet le a tanterv.

Például az Élő rendszerek megértése (*Understanding of Life Systems*) területhez tartozó, az Élőlények jellemzői és szükségletei (*Needs and characteristics of living things*) témában (44–46. o.) az 1. évfolyamon az egyik alapelv: „Az élőlények növekednek, táplálkoznak, hogy energiához jussanak, lélegeznek és szaporodnak”. (*Living things grow, take in food to create energy, make waste, and reproduce.*) Ehhez az alapelvhez kapcsolódó egyik átfogó követelmény az 1. évfolyam végén a növények, állatok, emberek jellemzőinek és szükségleteinek vizsgálatára vonatkozik. Az egyik specifikus követelmény pedig azt várja el, hogy az 1. évfolyam végére a tanulók a környezetet olyan területnek tekintsék, amelyben valami vagy valaki létezik vagy él.

Az amerikai természettudományos standardokban (NRC, 1996. 103–108. o.) – ahogyan azt már korábban bemutattuk – az első tartalmi standard (*Unifying concepts and processes in science*) tartalmazta az alapfogalmakat: Rendszerek, rend és szerveződés; Bizonyíték, modellek és magyarázat; Változás, állandóság és mérés; Evolúció és egyensúly; Alak és funkció.

Az új amerikai természettudományi standardokhoz készült elméleti keret (*A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, 2011) komplex, a diszciplináris határokon átvívelő tudományos fogalmakat (*cross-cutting scientific concepts*) ad meg (61–62. o.). Ezek a fogalmak a következők: Mintázatok (*Patterns*), Ok és hatás: mechanizmus és magyarázat (*Cause and Effect: Mechanism and explanation*), Skála, arány és mennyiség (*Scale, proportion, and quantity*), Rendszerek és rendszermodellek (*Systems and system models*), Energia és anyag: áramlások, ciklusok és megmaradás (*Energy and matter: Flows, cycles, and conservation*), Struktúra és funkció (*Structure and function*), Stabilitás és változás (*Stability and change*).

A diszciplinákat átfogó fogalmak mellett az elméleti keret tartalmi területenként (Élettudományok, Fizikai tudományok, a Föld és űrtudományok, Mérnöki tudományok, technológia és a tudomány alkalmazásai) alapelveket (*core ideas*) is meghatároz. Minden alapelvhez címkét és kérdéseket rendel, majd leírja a témával kapcsolatos tudást, tényeket életkori szakaszokra tagolva. Például az Élettudományoknál az egyik alapelv: „Az élő szervezetek struktúrával és funkcióval rendelkeznek, amelyek segítik az életfolyamatokat, a növekedést és a reprodukciót.” (Címke: A molekuláktól a szervezetekig – Struktúrák és folyamatok). Az alapelvhez tartozó egyik kérdés: Hogyan élnek, növekszenek, reagálnak a környezetre és szaporodnak az organizmusok? (101. o.)

A német képzési standardok az egyes tantárgyi területekhez kapcsolódóan határoznak meg alapfogalmakat. A fizika esetében ezek az anyag, interakció, rendszer, energia; a biológia esetében a rendszer, struktúra és funkció, fejlődés; a kémiánál a részecskék, szerkezet és tulajdonság, kémiai reakciók és energiaátalakulások.

Az osztrák természettudományos standardokban, amelyeket a felső középiskolára dolgoztak ki, a tantárgyi tartalom mint tantárgyi kompetencia jelenik meg (*Weiglhofer*, 2007). Olyan átfogó alapfogalmakat tartalmaz, mint például anyagok, részecskék struktúrák (az anyag struktúrája és

jellemzői, a molekulától a sejtig, a sejttől a szervezetig); interakciók (kémiai, fizikai reakciók, anyagcsere, érzékelés); evolúció, folyamat (átvitel/továbbítás, evolúció, kémiai technológia, fizikai fejlődés, tudomány és társadalom); rendszerek (az elemek periódusos rendszere, tér és idő, ökológia).

Victoria állam természettudományi standardjai (*The Victorian Essential Learning Standards* – VELS) a Természettudományi tudás és megértés (*The Science knowledge and understanding*) dimenzióban kiemelik az összefüggések megértését. Fontosnak tartják, hogy a tanulók megértsek a tudomány átfogó fogalmait, ismerjék az élőlények közötti hasonlóságok és különbségek jellegét és az élőlények fenntartható kapcsolatait egymással és a környezetükkel. Ismerjék az anyagok sajátosságait, és értelmezni tudják az anyagok átalakulásait a kémiai reakciók során. Értsék és tudják alkalmazni a fizikai jelenségek magyarázatában az energia és az erő fogalmát; el tudják helyezni időben és térben a Földet, értsék a kölcsönhatásokat a Föld és az atmoszféra között; képesek legyenek megkülönböztetni a mikroszkopikus és a makroszkopikus szintet az anyagok vizsgálatában.

Az alapfogalmak, alapelvek többféle szerepet töltenek be a tantervi és értékelési dokumentumokban. Biztosítják a legfontosabb ismeretek, készségek körülhatárolását és folyamatos, tudatos fejlesztését a tanítás során, elősegítik a követelmények áttekinthető, az egyes korcsoportokon és témakörökön átívelő rendszerének kialakítását.

Tartalmi elemek szerveződése a hazai tantervekben, követelményekben

Hazánkban az 1980-as évek végén kezdődött tantervi reform eredményeként 1995-ben elfogadott Nemzeti alaptanterv a korábbi, tantárgyak szerinti felosztás helyett az integratív szemléletmódot közvetítve átfogóbb egységek, műveltségi területek szerint rendezte a tartalmakat. Műveltségi területenként meghatározta a részletes követelményeket, valamint műveltségi területeket átfogó közös követelményeket (keresztntantervek) adott meg.

A Nemzeti alaptanterv 2003-ban módosított változatában a részletes követelmények helyett a kiemelt fejlesztési feladatokra helyeződött a hangsúly. Megjelentek a korszerű természettudományos nevelés disz-

ciplinákon túlmutató feladatai, mint például a diszciplináktól független általános természettudományi fogalmak, eljárások és szemléletmódok kialakítása; a tudomány, a tudományos kutatás mint társadalmi tevékenység bemutatása; a tudományok egymásra épülését biztosító külső és belső feltételek kiemelése, a tudásrendszerek összehangolása; a tudomány és a technika, valamint a társadalom fejlődésének kapcsolatát érintő meggyőződések formálása; a tanulók rendszerben, kölcsönhatásban, kapcsolatokban történő gondolkodásának erősítése. Megváltozott a természettudományos műveltségi terület elnevezése (Ember és természet helyett Ember a természetben) és a tartalom megadásának logikája. A tartalom kulcsfogalmak köré szerveződve jelent meg.

Ezt a rendszert megtartotta a 2007-ben módosított változat is, amely pontosította a természettudományos kulcskompetencia értelmezését, és a természettudományos nevelés feladatait. A Nat2007-ben a természettudományos tartalmak és követelmények két műveltségi területhez (Ember a természetben, Földünk – Környezetünk) kapcsolódnak. Az elsajátítandó ismeretek, készségek, képességek nem diszciplinák, hanem alapfogalmak, témakörök szerint rendeződnek az egyes életkori szakaszokban (1–4., 5–6., 7–8., 9–12. évf.).

A fejlesztési feladatok az Ember a természetben műveltségi területen három nagy területre vonatkoznak: (1) Tájékozódás a tudomány-technika-társadalom kölcsönhatásairól, a természettudományról, a tudomány és a tudományos megismerés természetéről; (2) Természettudományos megismerés; (3) Tájékozódás az élő és az élettelen természetéről, ezen belül jelennek meg további témák: Anyag, Energia, Információ, A tér, Idő és mozgás, A lakóhely, Magyarország, a Föld és az univerzum, Rendszer, Az élet.

A Földünk – környezetünk műveltségi terület az 5. évfolyamtól tartalmazza a követelményeket, a következő fejlesztési feladatok szerint tagolva: (1) Általános fejlesztési feladatok, (2) Információszerzés és -feldolgozás, (3) Tájékozódás a földrajzi térben, (4) Tájékozódás az időben, (5) Tájékozódás a környezet anyagairól, (6) Tájékozódás a környezet kölcsönhatásairól, (7) Tájékozódás a hazai földrajzi, környezeti kérdésekről, (8) Tájékozódás a regionális és a globális földrajzi, környezeti kérdésekről. A Nemzeti alaptantervre épülő kerettantervek a műveltségi területek tartalmát tantárgyakra bontva, iskolatípusok és évfolyamok szerint tartalmazzák, megadva a továbbhaladás feltételeit.

Hazánkban részletes, a természettudományos tudás felmérését segítő

követelményrendszer kidolgozására először az 1970-es évek végén, a tantervi változások kapcsán került sor (*Victor*, 1979, 1980; *Zátonyi*, 1978, 1979, 1980), majd az 1990-es években, a 16 éves korra tervezett, de bevezetésre nem került alapműveltségi vizsga kapcsán. Az Alapműveltségi Vizsgaközpontban *Nagy József* irányításával tantárgyak (biológia, fizika, kémia, földrajz) szerint készült el a követelményrendszer, amely meghatározta a minimum és a minimum feletti követelményeket, és példákat mutatott az egyes követelményszinteket mérő feladatokra, módszerekre (*B. Németh és Nagy L.-né*, 1999; *B. Németh, Nagy L.-né és Józsa* 2001; *Hajdu*, 1998; *Pótáriné*, 1999; *Zátonyi*, 1998). Jelenleg legkidolgozottabb formában az érettségi vizsgakövetelmények határozzák meg a tanulóktól elvárt tudást, tantárgyak szerint megadva a követelményeket közép- és emelt szinten, követve az adott természettudományos diszciplína logikáját, alapvető témaköreit, de lehetőség van integrált természettudomány-vizsga letételére is.

A nemzetközi és hazai természettudományos felmérések tartalmi elemei

A tudáskonceptió változása, a természettudományos nevelés szerepének és az oktatás hatékonyságának ártértékelődése az utóbbi négy évtized nemzetközi felméréseinek értékelési koncepcióiban is nyomon követhető. A következő részben röviden elemezzük az IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) természettudományos felméréseinek, majd az amerikai monitorvizsgálatok (*National Assessment of Education Progress* – NAEP) mintájára szervezett IAEP (*International Assessment of Education Progress*) felmérések, valamint az OECD PISA-program felméréseinek értékelési kereteit. A mért dimenziók (tartalmi, kognitív, kontextus, részletesen lásd 2. fejezet) közül csak a tartalmat emeljük ki, megvizsgálva a természettudományos tartalmak jellegét, azok szerveződését, az egyes témakörök arányait.

Az IEA természettudományos felmérései

Az IEA az UNESCO égisze alatt jött létre az 1950-es évek végén. A társaság által koordinált, a 3–4., 7–8. és esetenként a 12. évfolyamos tanulók körében végzett vizsgálatokat a természettudományos oktatás első nagy tantervi reformjában kidolgozott programok hatékonyságának, a tantervi követelmények megvalósulásának kérdése indította el. Az IEA-vizsgálatok az oktatási rendszerek hatékonyságát a részt vevő országok oktatásügyi dokumentumaiban deklarált követelményekből vezetik le, kiindulási és viszonyítási pontként az országok deklarált tanterve (*intended curriculum*) szolgál. Azt vizsgálják, mi valósult meg a tantervi követelményekből, milyen az elsajátított tanterv (*attained curriculum*) színvonala (Mulis és mtsai., 2005; Olsen, Lie és Turmo, 2001). A vizsgálatok értékelési kereteiben a mért természettudományos ismeretek rendszere a diszciplínaorientált személelmódot tükrözi, a természettudományos diszciplínák alapelveihez, struktúrájához kapcsolódó ismereteket tartalmazza.

Az 1970–71-ben zajlott első nemzetközi felmérés (*First International Science Study* – FISS) és az 1994/95-ös harmadik felmérés (*Third International Mathematics and Science Study* – TIMSS) tantárgy-pedagógiai célokat szolgált, a tantárgyi követelmények és a tanulói teljesítmények kapcsolatát elemezte. A második vizsgálat (*Second International Science Study* – SISS) „világtanterv-felmérés” volt, a megismételt harmadik felmérés (*Third International Mathematics and Science Study Repeat* – TIMSS-R), továbbá a 2003-as (Báthory, 2003. 6. o.), és a 2007-es TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) trendanalízisre épült.

Valamennyi eddigi vizsgálatban a mért természettudományos ismeretek tematikus egységei között jelen van a négy természettudományos diszciplína – az Élettudomány/Biológia (*Life science/Biology*), a Földtudomány (*Earth science*) az Anyagtudományok (*Physical sciences*), magasabb évfolyamokon külön a Kémia (*Chemistry*) és a Fizika (*Physics*). Ezek a természettudományos diszciplínákat leképező kategóriák először az 1995-ös TIMSS-ben egészültek ki olyan témakörrel, amely a természettudományok jellemzőivel kapcsolatos ismeretekre vonatkozott: Környezeti kérdések és A tudomány természete (*Environmental issues and The nature of science*). A további felmérésekben változó arányban és tar-

talommal jelentek meg a tudományra, a tudományos megismerésre vonatkozó témakörök. Az 1999-es TIMSS-vizsgálatban a Környezeti és erőforrásokkal kapcsolatos kérdések (*Environmental and resource issues*), valamint a Tudományos vizsgálat és a tudomány természete (*Scientific inquiry and the nature of science*), a 2003-asban a Környezettudomány (*Environmental sciences*) témakörök szerepeltek. A négy természettudományos diszciplína arányai az évek során alig változtak. Bár a 2003-as és a 2007-es TIMSS-felmérésekben a vizsgált területek közel azonos súllyal szerepeltek, összességében a Biológia (vagy Élettudomány) és a Fizika témakör kismértékű dominanciája figyelhető meg (Beaton és mtsai., 1996; Keeves, 1992. 64. o.; Martin és mtsai., 2000; Mullis és mtsai., 2001. 37–70. o.; 2005. 41–77. o.; B. Németh, 2008).

Az egyes témakörökön belül mért témákat a 2007-es TIMSS-vizsgálat esetében mutatjuk be részletesen, a vizsgált két korosztály szerinti bontásban. A 3.1. táblázat jelzi, hogy a két évfolyam közötti legfontosabb különbség az Élettudomány témakör arányának csökkenése, valamint a Kémia és Fizika témakörök önálló megjelenése a 8. évfolyamon. Az egyes témakörökön belül a mért témák jelentős mértékben megegyeznek a két életkorban, a magasabb évfolyamon a témák mélyülése, bővülése figyelhető meg.

3.1. táblázat. A mért témakörök és arányaik a TIMSS 2007-vizsgálatban
4. és 8. évfolyamon (Mullis és mtsai., 2005. 41–77. o.)

4. évfolyam	8. évfolyam
Élettudomány (Life Science) / 45% Élőlények tulajdonságai és életfolyamatai (<i>Characteristics and life processes of living things</i>) Életciklusok, szaporodás, öröklődés (<i>Life cycles, reproduction, and heredity</i>) Kölcsönhatások a környezettel (<i>Interactions with the environment</i>) Ökoszisztémák (<i>Ecosystems</i>) Az ember egészsége (<i>Human health</i>)	Biológia (Biology) / 35% Élőlények tulajdonságai, csoportosításuk és életfolyamataik (<i>Characteristics, classification, and life processes of organisms</i>) Sejtek és funkcióik (<i>Cells and their functions</i>) Életciklusok, szaporodás, öröklődés (<i>Life cycles, reproduction, and heredity</i>) Változatosság, alkalmazkodás és természetes szelekció (<i>Diversity, adaptation, and natural selection</i>) Ökoszisztémák (<i>Ecosystems</i>) Az ember egészsége (<i>Human health</i>)
Anyagtudomány (Physical science) / 35% Anyagok csoportosítása és tulajdonságaik (<i>Classification and properties of matter</i>) Az anyag fizikai állapotai és változása (<i>Physical states and changes in matter</i>) Energiaforrások, hő és hőmérséklet (<i>Energy sources, heat, and temperature</i>) Fény és hang (<i>Light and sound</i>) Elektromosság és mágnesesség (<i>Electricity and magnetism</i>) Erők és mozgás (<i>Forces and motion</i>)	Kémia (Chemistry) / 20% Anyagok csoportosítása és összetétele (<i>Classification and composition of matter</i>) Az anyag tulajdonságai (<i>Properties of matter</i>) Kémiai változás (<i>Chemical change</i>) Fizika (Physics) / 25% Az anyag fizikai állapotai és változása (<i>Physical states and changes in matter</i>) Energiaátalakulások, hő és hőmérséklet (<i>Energy transformations, heat, and temperature</i>) Fény (<i>Light</i>) Hang (<i>Sound</i>) Elektromosság és mágnesesség (<i>Electricity and magnetism</i>) Erők és mozgás (<i>Forces and motion</i>)

(folyt. a köv. oldalon)

4. évfolyam	8. évfolyam
Földtudomány (Earth science) / 20% A Föld szerkezete, fizikai tulajdonságai és erőforrásai (<i>Earth's structure, physical characteristics, and resources</i>) A Föld folyamatai, ciklusai és földtörténet (<i>Earth's processes, cycles, and history</i>) A Föld a Naprendszerben (<i>Earth in the solar system</i>)	Földtudomány (Earth science) / 20% A Föld szerkezete és fizikai tulajdonságai (<i>Earth's structure and physical features</i>) A Föld folyamatai, ciklusai és földtörténet (<i>Earth's processes, cycles, and history</i>) A Föld erőforrásai, felhasználásuk és megőrzésük (<i>Earth's resources, their use and conservation</i>) A Föld a Naprendszerben és a világegyetemben (<i>Earth in the solar system and the universe</i>)

Az amerikai monitorvizsgálatok (NAEP)

Az amerikai monitorvizsgálatok (*National Assessment of Education Progress – NAEP*) értékelési kerete, a *NAEP Science Framework* az 1996–2005-ig terjedő időszakban három területen (Fizikai tudomány, Élettudomány, Földtudomány) határozta meg a mérendő tudás és tevékenység formáit (Fogalmi megértés, Tudományos vizsgálat, Praktikus gondolkodás). A három tudományterület mellett a tartalmi keret foglalkozott a tudomány természetével és három absztrakt témával: a rendszerekkel, modellekkel és a változás mintázataival (*Champagne, Bergin, Bybee, Duschl és Gallagher, 2004*).

A 2009-es *NAEP Science Framework* számos standard és értékelési dokumentum alapján készült (National Standards, National Benchmarks, az egyes államok standardjai, a TIMSS és a PISA értékelési keretei). A három tudományterület (Fizikai tudomány, Élettudomány, Földtudomány) elkülönítése változatlan maradt, megváltozott viszont a tevékenységekre, a tudás alkalmazására vonatkozó dimenzió (*Science Practices*). Míg korábban ez a dimenzió a fogalmi megértést, a tudományos vizsgálatot és a praktikus gondolkodást jelentette, az új változatban tudományos tevékenységeken a tudományos alapelvek azonosítását, a tudományos alapelvek, a tudományos kutatás és a technológiai tervezés használatát értik. A tudomány természetére vonatkozó tartalmi elemet az új változatban beleértik a Tudományos alapelvek és a tudományos kutatás alkalmazásába.

A 2009-es változatban nem szerepelnek olyan absztrakt alapfogalmak, mint „modellek”, „állandóság és változás”, „forma és funkció”, hanem az egyes diszciplináris területeken átívelő (*crosscutting*) tartalmakra, az egyes diszciplináris témák közötti összefüggésekre a témakörök elnevezése utal (pl. Biogeokémiai ciklusok a föld- és az űrtudományokban).

Az IEAP-felmérések

Az IEA-vizsgálatok elméleti keretéhez is kötődött, de elsősorban az amerikai nemzeti monitorvizsgálatokhoz kapcsolódott az *Educational Testing Service* (ETS) által lebonyolított két IEAP-felmérés (*International Assessment of Education Progress*). Az első IEAP-vizsgálat 1988-ban zajlott 6 ország (Kanada, Írország, Korea, Spanyolország, Egyesült Királyság, USA) részvételével. A felmérés során a 13 éves tanulók matematikai és természettudományos tudását vizsgálták. A második IEAP-felmérésre, amelyben hazánk is részt vett, 1990–91-ben került sor, két életkorban (9 és 13 év) mérték fel a tanulók matematikai és természettudományos tudását. Amellett, hogy az országok közötti különbségeket vizsgálták, elemezték az egyes országok tanterveit, háttéradatokat gyűjtöttek a tanulók családi hátteréről, az osztálytermi környezetről, az egyes országok iskolarendszeréről (*Lapointe, Askew és Mead, 1992*). A második IEAP-vizsgálatba húsz, önként vállalkozó ország kapcsolódott be (Brazília, Kanada, Kína, Anglia, Franciaország, Magyarország, Írország, Izrael, Olaszország, Jordánia, Korea, Mozambik, Portugália, Skócia, Szlovénia, Szovjetunió, Spanyolország, Svájc, Tajvan, USA).

A felmérés értékelési keretrendszere ugyanúgy, mint az IEA-felmérésekben, a részt vevő országok tantervi és mérési szakértőinek konszenzust kereső együttműködésével alakult ki. A szakértők több NAEP mérési keret (*framework*) átnézése és értékelése után azt fogadták el, amelynek tantárgyi területei és művelési szintjei is megfelelőek voltak minden közreműködő számára. A mért tudáselemek az IEA-vizsgálatokhoz hasonlóan tartalmi és kognitív dimenziók szerint csoportosíthatók. A tartalmi kategóriák elnevezésükben és arányaikban is a pár évvel később lebonyolított TIMSS 1995-re emlékeztetnek. A tematikus egységek a két életkorban megegyeztek, a természettudományos diszciplinák, az Élet-, az Anyag-, a Föld- és űrtudomány mellett a Tudomány természete témakör szerepelt.

Az amerikai nemzeti felmérések (NAEP) az IEA-felmérések után is rendszeresek maradtak, értékelésük során az eredmények mellett a felmérések elméleti kereteit, a mért tartalmi területeket is részletesen összevetik TIMSS-, illetve PISA-felmérés koncepciójával (lásd pl. Nohara, 2001; Neidorf, Binkley és Stephens, 2006).

Az IEA- és NAEP-vizsgálatok magyarországi hatása, Monitor-vizsgálatok

Az első IEA-mérés eredményei indították el hazánkban a természettudományos tankönyvek és tantervek tartalmi vonatkozású reformját az 1970-es évek végén. A változások elsősorban azokra a területekre koncentráltak, amelyekben a magyar tanulók gyengébben teljesítettek, így került előtérbe az experimentális metodika (a tanulói megfigyeléseken, kísérleteken alapuló ismeretsajátítási módszerek) elterjesztésének és a természettudományi diszciplínák integrálásának igénye. Sor került a természettudományos tantárgyak tananyagának, a feldolgozására ajánlott módszereknek és a különböző didaktikai feladatok megvalósítását célul tűző tanórák javasolt számának/arányának átgondolására, továbbá a részletes tantárgyi követelmények kidolgozására (Victor, 1979, 1980; Zátonyi, 1978, 1979, 1980).

A hazai teljesítménykövető, monitor jellegű rendszerszintű vizsgálatok elindulására hatással voltak az IEA-vizsgálatok, illetve mintaként szolgáltak az USA monitorvizsgálatai (NAEP) is. A magyar teljesítménykövető felmérésekbe két új elemet építettek be (Báthory, 2003): (1) nem a tantárgyi tudást, hanem a tantárgyak tanulásához szükséges ismereteket, készségeket és képességeket, az akkori terminológiával élve: kulturális eszköztudást mértek; (2) a tanulói teljesítmények alakulását nyomon követték, trendanalízist végeztek. A Monitor-vizsgálatok kezdetén, 1986-ban négyféle eszköztudást vizsgáltak: olvasásmegértés, matematika mint problémamegoldás, informatikai és számítástechnikai ismeretek és készségek, intelligencia.

A természettudományos eszköztudást mérő feladatsor csak később, 1995-ben jelent meg a Monitor-vizsgálatokban. Ennek egyrészt pénzügyi okai voltak, másrészt nem volt világos, hogy a természettudományos ismeretek hogyan válhatnak eszköztudássá, más tudás megszerzésének eszközévé. Mivel a természettudományos ismeretek vizsgálata az 1997-es

mérés kivételével az IEA TIMSS vizsgálataival együtt zajlott, a mérési koncepciót a nemzetközi felmérés elméleti kerete határozta meg. Az IEA-vizsgálatok nem csupán az eszköz jellegű tudásra korlátozódtak, hanem a szaktudományi tudást is mérték (Vári, 1997, 1999). A legteljesebb felmérés az 1997-es volt, amely a hazai közoktatás szerkezeti határait jelentő összes évfolyamon vett fel adatokat, a többi felmérés mintája igazodott az IEA-vizsgálatokéhoz.

A természettudományok területén a kulturális eszköztudást a hazai Monitor-vizsgálatok természettudományos intelligenciaként értelmezték. A tesztek feladatai a köznapi életből vett jelenségeket, problémákat tartalmaztak, és azt mérték, hogy a tanulók milyen mértékben képesek a különböző helyzeteket magyarázni, képesek-e megítélni azok lehetséges következményeit, illetve meg tudják-e oldani azokat a problémákat, amelyek segítségével eljuthatnak a természet pontosabb, alaposabb megismeréséhez (Szalay, 1999).

A Monitor-vizsgálatokat országos reprezentatív mintán végezték, teljes iskolai osztályokat bevonva a felmérésekbe. A különböző időpontokban, illetve életkorokban felvett adatok összehasonlíthatóságát hídfeladatokkal/láncfeladatokkal biztosították. A Monitor '95 természettudományi tesztje elsősorban az egyes természettudományos tantárgyak (a fizika, a biológia és a földtudomány) témaköreihez kapcsolódott – a nemzetközi vizsgálatokban részt vevő tanulóknál ez kiegészült a kémiával –, de szerepeltek benne olyan kérdések is, amelyek nem kötődtek tantárgyakhoz (pl. környezeti-ökológiai hatásokkal vagy a természettudományos szemléletmóddal kapcsolatos kérdések).

A Monitor '97 nem volt része nagy nemzetközi felmérésnek, így a viszonyítási alapot a magyar diákok korábbi teljesítményei jelentették. A 6. és a 12. évfolyam 1997-es eredményeit nem lehetett összehasonlítani egyetlen korábbi felmérés eredményével sem, mivel 6. évfolyamon nem végeztek korábban természettudományos felmérést, a 12. évfolyam tesztje pedig nem tartalmazott annyi hídfeladatot, amennyi a megbízható következtetések levonásához elegendő lett volna. A Monitor '97 egyik legfontosabb céljaként azt tűzte ki, hogy magyarázatot keressen a magyar tanulók természettudományos tudásának főként nemzetközi, de hazai viszonylatban is tapasztalható fokozatos gyengülésére. A korábbi természettudományi vizsgálatokhoz képest a tesztekben nagyobb hangsúlyal jelentek meg azok a kérdések, amelyek nem kötődtek tantárgyakhoz,

hanem általában a tudományos gondolkodáshoz, szemléletmódhoz kapcsolódtak (pl. kísérletek tervezése, környezetvédelemmel kapcsolatos problémák), de szerepeltek a természettudományos diszciplínák szerinti témakörök (Élővilág, Fizikai világ, Földtudomány) is (Szalay, 1999).

A Monitor '99 vizsgálatban, amely a TIMSS 1999-felméréshez kapcsolódott (Vári, Bánfi, Felvégi, Krolopp, Rózsa és Szalay, 2000), a természettudományi teszten nyújtott teljesítményekben a TIMSS 1995-vizsgálat eredményéhez hasonlítva visszaesés következett be: a diákok teljesítménye kismértékben ugyan, de szignifikánsan csökkent. A biológia és a földrajz esetében volt nagyobb mértékű a csökkenés, míg a fizika esetében kisebb.

Az OECD PISA-vizsgálatok tartalmi elemei

A rendszerszintű pedagógiai értékelésben alapvető szemléleti változást és lényeges módszertani újítást hozott az OECD PISA-programja. Míg az IEA-felmérések a mérési koncepciót, a vizsgált tudást a tantervekből vezetik le, a PISA-programban vizsgált tudáselemek a társadalmi igények és a korszerű tanuláselméletek elemzése révén alakulnak ki. A PISA-programban mért tartalmak egy része jelen lehet egyes részt vevő országok természettudományos tanterveiben, de a mérési keret kidolgozásakor nem a tantervek jelentik a tartalmak kiválasztásának alapját (Olsen, Lie és Turmo, 2001).

A könyv 2. fejezete részletesen bemutatta a PISA-programban a természettudományos műveltségfelfogás alakulását, és a tudás értékelésének három dimenzióját: deklaratív vagy tárgyi tudás, tudományos gondolkodás készségei és kontextus. A három dimenzió közül ebben a fejezetben a tartalmi dimenzióra koncentrálunk és áttekintjük az eddigi vizsgálatok témaköreit. Mindegyik PISA-vizsgálatra igaz, hogy olyan alapvető ismereteket, fogalmakat, összefüggéseket választanak ki, melyek relevánsak az életszerű szituációkban és megfelelnek a 15 éves tanulók fejlettségi szintjének (OECD, 1999).

A 2000-ben és 2003-ban zajlott első PISA-vizsgálatban mért természettudományos fogalmak tizenhárom átfogó témakörhöz kapcsolódtak: Az anyag szerkezete és tulajdonságai (*Structure and properties of matter*), Légköri változások (*Atmospheric changes*), Kémiai és fizikai változások (*Chemical and physical changes*), Energiaátalakulások (*Energy transfor-*

mations), Erők és mozgás (*Forces and movement*), Alak és funkció (*Form and function*), Humánbiológia (*Human biology*), Fiziológiai változás (*Physiological change*), Biodiverzitás (*Biodiversity*), Genetikai kontroll (*Genetic control*), Ökoszisztémák (*Ecosystems*), A Föld és helye a világegyetemben (*The Earth and its place in the universe*), Geológiai változás (*Geological change*) (OECD, 2000. 78. o.; 2003. 136. o.).

A 2006-os és 2009-es PISA-vizsgálatban a mért tartalmak a természeti világra és a tudományra vonatkozó ismeretekre vonatkoztak. A természet-tudományos ismeretek (*Knowledge of science*) négy kategóriába szerveződtek: Fizikai rendszerek (*Physical systems*), Élő rendszerek (*Living systems*), A Föld és a világegyetem (*Earth and space systems*), Technológiai rendszerek (*Technology systems*). A Fizika rendszereken belül például a következő témák szerepeltek: Az anyag szerkezete (*Structure of matter*), Az anyag tulajdonságai (*Properties of matter*), Az anyag kémiai változásai (*Chemical changes of matter*), Mozgások és erők (*Motions and forces*), Energia és átalakulásai (*Energy and its transformations*), Az energia és az anyag interakciói (*Interactions of energy and matter*). A tudomány jellemzőinek ismerete (*Knowledge about science*) tartalmi terület A tudományos vizsgálódás (*Scientific enquiry*) és A tudományos magyarázatok (*Scientific explanations*) témakörökből állt (OECD, 2006. 32–33. o.; OECD, 2009. 139–140. o.).

A szaktudományi tudás hatékonyabb közvetítése, diagnosztikus értékelése

A tartalmi tudás fontos szerepet játszik a természettudományok tanulásában, a természettudományos műveltség formálásában. A természettudományos műveltség azonban nem jelent minden területen egyenletes szakértői tudást, inkább az alapvető diszciplináris fogalmak, összefüggések megértését, a tudományos vizsgálódás, problémamegoldás, kritikai gondolkodás alapvető készségeinek alkalmazását feltételezi. A tanítás folyamatára és a tudás értékelésére is visszahat, ha sikerül meghatározni, mit kellene tudni, megérteni a diákoknak a közoktatás végéig.

Az alapelvek újragondolása

Egy természettudósokból, mérnökökből, természettudományos nevelőkből álló nemzetközi szakértői csoport 2010-ben áttekintette a különböző országok természettudományos tantervi és értékelési dokumentumaiban megjelenő alapelveket, és arra a következtetésre jutott, hogy azok rendszere nem kellően alátámasztott, ezért indokolt az alapelvek újragondolása (Harlen, 2010): Az alapelvek kidolgozását a munkacsoport a természettudományos nevelés összetett céljaira alapozta, amely szerint: „A természettudományos nevelés célja, hogy fejlessze a tudomány fogalmaira és a tudományról alkotott elképzelésekre, ideákra vonatkozó átfogó alapelvek (*big ideas*) megértését, valamint ezek társadalmi szerepének felismerését; fejlessze a bizonyítékok gyűjtésével és alkalmazásával kapcsolatos képességeket, valamint a tudományos attitűdöket.” (Harlen, 2010. 8. o.).

Értelmezésükben az ideák olyan absztrakciók, amelyek a megfigyelt összefüggéseket vagy tulajdonságokat értelmezik. A természettudományos oktatás ideje alatt a tanulók fokozatosan jutnak el a természeti környezet dolgaival, jelenségeivel, anyagaival és kapcsolataival kapcsolatos ideák megértéséhez. Ezek az ideák nemcsak a megfigyelt jelenségekre adnak magyarázatot és a mindennapi életben felmerülő kérdésekre választanak, hanem lehetővé teszik a korábban nem megfigyelt jelenségek előrejelzését is. A természettudományos nevelésnek fejleszteni kell a tudományos kutatóással, gondolkodással és módszerekkel kapcsolatos, valamint a tudomány, technika, társadalom és a környezet közötti kapcsolatokra vonatkozó ideákat is.

A természettudománnyal kapcsolatos ideák (Harlen, 2010. 21–23. o.):

- (1) Az univerzumban az összes anyag nagyon kis részecskékből áll.
- (2) A dolgok hatni tudnak más, távoli dolgokra.
- (3) Egy dolog mozgásának változása megköveteli, hogy egy erő hasson rá.
- (4) Az univerzumban az energia teljes mennyisége ugyanannyi, de az energia át tud alakulni, amikor a dolgok változnak vagy létrejönnek.
- (5) A Föld és atmoszférájának összetétele és a benne zajló folyamatok alakítják a föld felszínét és klímáját.
- (6) A Naprendszer kicsiny része az univerzumban található galaxisok milliói egyikének.

- (7) A szervezetek szerveződésének alapja a sejt.
- (8) A szervezeteknek szüksége van energia- és anyagellátásra, ami gyakran más szervezetektől függ.
- (9) A genetikai információ az élő szervezet egyik generációjából a másikba örökítődik át.
- (10) A szervezetek sokfélesége, az élő és a kihalt élőlények az evolúció eredményei.

A tudományról való ideák:

- (1) A tudomány feltételezi, hogy minden hatásnak van egy vagy több oka.
- (2) A tudományos magyarázatok, elméletek és modellek azok, amelyek a legjobban illeszkednek az adott időpontban ismert tényekhez.
- (3) A tudomány által létrehozott tudást számos technológia használja, hogy létrehozzon olyan termékeket, amelyek emberi célokat szolgálnak.
- (4) A tudomány alkalmazásának gyakran etikai, társadalmi, gazdasági és politikai következményei vannak.

A nagy alapelvekhez való eljutás hosszú folyamat, a világról való gyermeki ismeretekből kiindulva, az iskolai tanulás során, folyamatos építkezés révén valósul meg. E munkacsoport is hangsúlyozza azt, hogy figyelembe kell venni a fejlődésnek a kognitív pszichológusok által leírt szakaszait, a tanulók meglévő tudásához igazodva, tevékenységeken keresztül célszerű megalapozni egy-egy tudományos fogalmat. Különösen a természet-tudományos tanulmányok kezdetén fontos az előzetes ismeretek megismerése, a tanulók hétköznapi tudásának, tapasztalatainak felhasználása a tanítás során.

A fogalomtanítás módszerei, a fogalmi váltást segítő tanítás

Az ismeretek elsajátítása során a tanulók adatokkal, tényekkel és összefüggő információkkal egyaránt találkoznak. Összefüggéstelen információkat, számadatokat, kódokat, jelöléseket is meg kell jegyezniük, ezekben az esetekben jól hasznosíthatók a mnemotechnikai módszerek (pl. memóriafogas, nyelvi kód, ritmus). Súlyos probléma viszont, ha a tanulók a tananyagot is elsősorban memorizálással, a definíciók és a leírások felszínes, értelem nélküli megjegyzésével próbálják elsajátítani ahelyett,

hogy az ismeretelemeket megfelelő módon szerveznék, és a létrejött kapcsolatokat, összefüggéseket kontrollálnák. A természettudományos ismeretek tanulása, a természettudományos diszciplínák logikájának, fogalomrendszerének elsajátítása bonyolult, jelentős kognitív erőfeszítést igénylő feladat, amelyet számos módszerrel lehet segíteni és nyomon követni.

A fogalomtanítás hagyományos módszertana a fogalomtanítás induktív vagy deduktív módját különbözteti meg aszerint, hogy a tanulónak mennyi előismeretük van az adott témával kapcsolatban. Ha a tanulók előismeretei megfelelőek, akkor példák és ellenpéldák bemutatásával, megbeszélésével önállóan is eljuthatnak az adott fogalom meghatározásáig (induktív út). Számos esetben azonban a tanulók nem támaszkodhatnak közvetlen szenzoros tapasztalataikra, előzetes ismereteikre, ekkor a fogalmat definíció, a tanár által adott meghatározás révén tanulják meg (deduktív út). Különösen fontos ebben az esetben, hogy a tanár minél többféle módon (pl. szavakkal történő körülírás, szemléletes tanári magyarázat, képek, ábrák, struktúramodellek, makettek, multimédiás oktatófilmek, számítógépes szimulációk, applikációs készletek, funkcionális modellek, tanulói kísérletek) segítse a helyes képzetek, mentális modellek létrejöttét.

Az információtanítás klasszikus stratégiája a tanórai tevékenységeket négy lépésben foglalja össze (Falus, 2003). (1) Az oktatás céljainak közlése, a tanulók előismereteinek mozgósítása, motiválás. (2) Strukturáló alapelvek bemutatása, amelyek jelzik az elsajátítandó tananyag és a tanulók meglévő tudása közötti hasonlóságokat és különbségeket. (3) A tananyag magyarázata, a kapcsolódási pontok bemutatása. (4) A tananyag megértésének ellenőrzése. E stratégia is kiemeli az előismeretek szerepét, a régi és az új tudás összekapcsolását, de a tévképzetek és a fogalmi váltás kutatásának eredményei alapján az ismeretek tanításának módszerei új szempontokkal és módszerekkel bővíthetők.

A fogalomtanításban kiemelt szerepet kap a fogalmak struktúrába, hierarchiába szervezésének elősegítése, amelynek során az átjárhatóság, körbejárhatóság és bejárhatóság alapelvét célszerű alkalmazni (Nagy, 1985). A fogalomrendszer átjárhatósága azt jelenti, hogy a tanuló horizontálisan és vertikálisan is képes benne mozogni benne (tudja, hogy mely fogalmak vannak az adott fogalommal egy szinten, melyek alatta és felette). A körbejárhatóság alapelve arra hívja fel a figyelmet, hogy minél többféle szempont szerint mutassuk be a dolgok sajátosságait (forma, visel-

kedés, struktúra, működés), a bejárhatóság alapelve pedig az absztrakciós szintek bejárásának fontosságára utal (kössük össze a konkrét és az absztrakt szintet, jussunk el a manipulatív szinttől a szimbolikussig és vissza). A megfelelő fogalmi struktúra elsajátítását elősegíti, ha a tananyag fogalmi rendszerét a tanár grafikus formában (pl. táblázat, fagráf, Venn-diagram, folyamatábra, pókhálóábra) is megjeleníti, és arra ösztönzi a tanulókat, hogy önállóan is írjanak vázlatot, készítsenek ábrákat (Nagy L.-né, 2005). A képzetek kialakítását hatékonyan lehet segíteni számítógépes programokkal, szimulációkkal is, például kémiai jelek, szimbólumok, folyamatok reprezentációjának elősegítésére Kozma (2000) dolgozott ki és vizsgált különböző megjelenítési módokat.

A tudásreprezentációra és a fogalmi váltás elősegítésére vonatkozó kutatások napjainkban számos ponton találkoznak. A fogalomrendszer átszervezésében, a sémák formálásában, átalakításában hatékonyak bizonyulnak azok a módszerek és eszközök, amelyek a mentális modellalkotást ösztönzik. A tudományos témák, problémák, hétköznapi jelenségek alapján többféle modell (pl. szemantikai-, oksági-, rendszermodell) hozható létre. A modellek alakítása, az újabb tapasztalatok beépítése, az anomáliás adatok kezelése elősegíti a kialakult modellek, reprezentációk szervezését, átalakítását, az ismeretrendszer változását (Jonassen, 2008).

A tévképzetek megszüntetésének, illetve kialakulásuk megakadályozásának feltétele, hogy a tanulók szembesüljenek saját meggyőződéseikkel, a világgal kapcsolatos implicit feltevéseikkel, és összevessék meggyőződéseiket a társaik és a tudomány által adott magyarázatokkal. Ehhez biztosítanak lehetőséget azok a beszélgetések, viták, tanári és tanulói kísérletek, amelyekben mindennapi jelenségeket, kísérleti tapasztalatokat magyaráznak meg a tanulóknak. A fogalmi rendszer formálásához, a saját tudás értékeléséhez, a tudományos ismeretek megértéséhez magas szintű kognitív elkötelezettség (*high cognitive engagement*), reflektivitás, metafogalmi tudatosság, fejlett gondolkodási képességek szükségesek (Vosniadou és Ioannides, 1998; Vosniadou, 2001). Fontos, hogy a tanulók rájöjjenek arra, meggyőzések nem tények, hanem hipotézisek, amelyek ellenőrzésre szorulnak, és felismerjék, hogy amit igaznak hisznek, annak érvényessége korlátozott, és egy másik rendszerben, egy másik fogalmi keretben, a megismerés egy másik szintjén hamisnak bizonyulhat. Ehhez hozzájárulhat a probléma alapú tanulás (Molnár, 2006) és a kutatás alapú tanulás (Nagy L.-né, 2010) elemeinek beépítése a tanulási folyamatba, valamint a meta-

kognitív stratégiák és az önszabályozó tanulás módszereinek alkalmazása a tartalmi tudás fejlesztésében.

A fogalmi váltást számos módszer elősegítheti. Például az analógiák alkalmazása (Nagy L.-né, 2006), a tudománytörténetből vett példák, a tanulók naiv meggyőződéseit és a tudományos magyarázatot ütköztető kognitív konfliktus. Érdemes időt és energiát szánni az iskolán kívül szerzett információk pontosítására is. A család, barátok, ismerősök, média révén a gyerekek gyakran hallanak pontatlan köznyelvi szófordulatokat vagy túlzottan leegyszerűsített magyarázatokat (pl. a Nap lemegy, felkel; a hűtőszekrénybe tett étel átveszi a hideget). Vannak olyan kifejezések, amelyeket a hétköznapi életben is használunk (pl. erő, munka, energia, anyag, kötés), de a tudományos kontextusban a jelentésük módosul.

Mindezek a módszerek hatástalanok maradnak, ha nem tesszük érdekeltté a tanulókat a tudományos ismeretek tanulásában, megértésében, ha nem látják, hogyan veszik hasznát az elsajátított ismereteknek későbbi életükben. Különösen fontos a természettudományok iránti érdeklődés felkeltésében a kisiskolás kor, amikor a tanulók tapasztalataira és természetes kíváncsiságára alapozva lehet fokozatosan bevezetni a tudományos fogalmakat. A természettudományok iránti érdeklődés fenntartásában később is alapvető a kíváncsiság, a vizsgálódás, ami kiegészülhet önálló kérdés- és problémafelvetéssel, kutatással.

A szaktudományi ismeretek elsajátításának diagnosztikus értékelése

A fogalmi fejlődés elősegítésének feltétele, hogy a tanár tudja, mit gondolnak diákjai a világ megismerhetőségéről, saját megismerési módszereikről, tudásszerzési és tudásszervezési folyamataikról. A tudományos ismeretek tanításában ezért kiemelt jelentőségű a tanulók nézeteinek, meggyőződéseinek, előzetes tudásának feltárása és a tudás alakulásának nyomon követése. Erre alkalmas módszer a problémák felvetése, megvitatása, a fogalmi térképezés, az interjú vagy a tévképzetkutatások eredményei alapján összeállított, egy-egy témához kapcsolódó, a tipikus tévképzetek azonosítására alkalmas kérdések, feladatok alkalmazása. Az ismeretek tanulására vonatkozó eddigi kutatási eredmények számos esetben szolgáltatnak támpontot annak megállapítására, hogy a tanuló rendelkezik-e

tévképzetekkel, milyen mélységben értette meg a tananyagot, össze tudta-e egyeztetni saját tudásával a tudományos ismereteket.

A fogalmi fejlődés menetére, az ismeretek megértésének fázisaira vonatkozó eredményeket nemcsak a tanórai értékelési módszerek kidolgozásakor alkalmazzák a kutatók, hanem a követelmények kidolgozásában is. Megpróbálják jelezni a fejlődés menetét, pályáját, a fogalomalkotás mérföldköveit, fontosabb állomásait, a tanulásban való előrehaladás (*learning progressions*) mértékét (Corcoran, Mosher és Rogat, 2009). Ez azt jelenti, hogy a fejlődés kezdeti szintjein megjelenhet egy adott fogalom hibás vagy nem tökéletes megértése, amit később a tanuló felülvizsgálhat, átszervezhet. Ez a szemléletmód nemcsak a standardok megadását értelmezi át, hanem a tanulói tudás értékelésének célját és módszereit is. Tanulási teljesítményindikátorokat határoznak meg, amelyek jelzik, hogy a tanulók valószínűleg hogyan gondolkodnak, mit értenek, és milyen tevékenységekre képesek a fejlődés bizonyos pontjain. Olyan mérőeszközök kifejlesztésén dolgoznak, amelyekkel meghatározhatók a tanulásban való előmenetel szintjei, megmutatható, hogyan változott a tanulók teljesítménye az idővel, és hogyan fejlődött a gondolkodásuk a kezdeti és a végpont között. A tanulók tudásának változásáról kapott részletesebb információk alapján a tanítás módszerei kifinomultabbak, a tanórai fejlesztő munka pedig tudatosabb lehet.

Összegzés

A fejezetben áttekintettük a természettudomány tanításának szaktudományi és tantervi kérdéseit. Bemutattuk azokat a fejlődési tendenciákat, amelyek az utóbbi évtizedek megújítási törekvéseit jellemzik. Kiindulásként felvázoltuk azokat a kutatásokat, amelyek megalapozzák a korai természettudomány tanítását és a tananyagnak a gyermekek pszichológiai fejlődéséhez való hozzáigazítását. Ezek a tudományos eredmények teszik lehetővé azoknak a problémáknak a megoldását, amelyek az utóbbi években a természettudomány-tanítás eredményességében és a tanulók attitűdjeiben megfigyelhetők. Hangsúlyoztuk, hogy a tanulói fogalomfejlődés természetes folyamatainak ismeretében és a megértés feltételeinek megteremtésével a természettudomány tananyaga a jelenleginél sokkal eredményesebben közvetíthető.

A természettudomány-tanítás tanítás diszciplináris tartalmainak áttekintéséhez forrásként a különböző országokban kidolgozott tanterveket, standardokat és a nemzeti, illetve a nemzetközi felmérések tartalmi kereteit használtuk. A természettudományok tanításának történetét elemezve a természettudományos nevelésben három irányzat különíthető el. A diszciplínaorientált felfogás alapvető célja, hogy a tanulók megismerjék az egyes diszciplínák logikáját, alapvető témaköreit, vizsgálódási módszereit, és képesek legyenek arra, hogy az új tudományos eredményeket beillesszék az adott tudományterület rendszerébe. A természettudományok inter- és multidiszciplináris jellegét hangsúlyozza és a természettudományos tantárgyak összehangolásának különböző formáit, fokozatait képviseli az integratív szemléletmód. A harmadik a társadalomcentrikus megközelítés, amely a természettudományos eredmények felhasználására, különösen a tudomány és a társadalom közötti összefüggések bemutatására fókuszál. A három irányzaton belül számos értelmezés jelent meg, hazánkban azonban az iskolarendszer egészét tekintve a diszciplína-központúság érvényesült. Ez a szemléletmód az adott területre specializálódott szakértői tudás létrejöttének kedvez, egy szűkebb körnek, a természettudományos pályákra készülő tanulóknak releváns.

Napjainkban a természettudományos nevelés céljai között a szakértői tudás helyett a szélesebb körben alkalmazható, a tudomány és a társadalom közötti kapcsolatot is értelmező tudás, valamint a gondolkodási képességek fejlesztése került előtérbe. Mindez nem jelenti a szaktudományi ismeretek elvetését, hiszen sem a természettudományos műveltség, sem a gondolkodási képességek fejlesztése nem képzelhető el megértett és jól szervezett természettudományos ismeretek nélkül. A fő dilemma napjainkban az, milyen tartalmak szolgálják leginkább e célokat. A természettudományos tartalmak kiválasztásában a szaktudományi szempontok mellett egyre nagyobb teret kapnak a társadalmi és a pszichológiai szempontok. A természettudományokkal és a tudománnyal kapcsolatos alapvető tények megadása segíti a lényeges tartalmi elemek kiemelését a tantervekben, standardokban és a tanításban. A fejlődés-lélektani és a tudás szerveződésére, a fogalmi fejlődésre vonatkozó eredmények pedig lehetővé teszik azt, hogy a tanulók természetes fejlődési menetét jobban figyelembe vegyünk a szaktudományi tudás értékelése és fejlesztése során.

Az utóbbi évtizedek fejlődés-lélektani és kognitív pszichológiai kutatási eredményeinek alkalmazása elengedhetetlen a természettudomány

eredményes tanításában az iskola kezdő szakaszában. Hasonlóan fontosak ezek az alapelvek a diagnosztikus mérések kidolgozása során. Mindez azonban nem szoríthatja háttérbe magát a diszciplináris szemléletű, a szak-tudomány elvei szerint szerveződő természettudomány elsajátítását. A tudományos kutatás módszereinek, alapelveinek és lényeges eredményeinek elsajátítása nélkül nem lehet sikeres az értelem fejlesztése. Az egyes területeken közvetlenül hasznosítható tudás nem transzferálható más területekre. A szélesebb körű alkalmazást csak a rendszeresen felépített, megértett szaktudományi tudás biztosítja. Ezt tükrözi az a fejlesztési koncepció, amely, különösen az iskola kezdő szakaszában, a nagy alapelvek tanítására, alapos elsajátítására helyezi a hangsúlyt. Mindezekre a szempontokra, a diszciplináris szervezőelvek fontosságára a diagnosztikus mérőrendszer kidolgozása során is tekintettel kell lenni.

Irodalom

- ACARA Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority: *The Australian Curriculum*. <http://www.australiancurriculum.edu.au/Science/Rationale>.
- Aikenhead, G. S. (1994): What is STS science teaching? In: Solomon, J. és Aikenhead, G. S. (szerk.), *STS Education: International Perspectives in Reform*. New York: Teacher's College Press. 47–59.
- Aikenhead, G. S. (2006): *Science education for everyday life*. New York: Teacher's College Press.
- American Association for the Advancement of Science (1989): *Science for All Americans*. Washington, DC.
- American Association for the Advancement of Science (1993): *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- Arabatzis, T. és Kindi, V. (2008): The problem of conceptual change in the philosophy and history of science. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York. 345–373.
- Artelt, C., Baumert, J., Julius-McElvany, N. és Peschar, J. (2003): *Learners for life. Student approaches to learning. Results from PISA 2000*.
- Ausubel, D. P. (1968): *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- B. Németh Mária és Habók Anita (2006): A 13 és 17 éves tanulók viszonya a tanuláshoz. *Magyar Pedagógia*, **106.** 2. sz. 83–105.
- B. Németh Mária és Nagy Lászlóné (1999): *Biológia. Alapműveltségi vizsga: részletes követelmények és a vizsgáztatás eszközei, módszerei*. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.
- Baddley, A. (2001): *Az emberi emlékezet*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Bartlett, F. C. (1985): *Az emlékezés*. Gondolat Kiadó, Budapest.

- B. Németh Mária (2008): Irányzatok a természettudományos nevelésben. *Iskolakultúra*, **18.** 3–4. sz. 17–30.
- B. Németh Mária, Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2011): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó Benő (szerk.): *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (megjelenés alatt)
- B. Németh Mária, Józsa Krisztián és Nagy Lászlóné (2001): Differenciált követelmények, mint a tudás jellemzésének viszonyítási alapjai. *Magyar Pedagógia*, **101.** 4. sz. 485–511.
- Báthory Zoltán (1999): Természettudományos nevelésünk – változó magyarázatok. *Iskolakultúra*, **9.** 10. sz. 46–54.
- Báthory Zoltán (2002): Tudásértelmezések a magyar középiskolában. *Iskolakultúra*, **12.** 3. sz. 69–75.
- Báthory Zoltán (2003): Rendszerszintű pedagógiai felmérések. *Iskolakultúra*, **13.** 8. sz. 3–19.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. és Kelly, D. L. (1996): *Science Achievement in the Middle School Years*: IEA's Third International Mathematics and Science Study. Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy, Boston College, Boston.
- Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (2004): http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf.
- Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (2004): http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf.
- Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (2004): http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf.
- Részletes érettségi vizsgakövetelmény. Biológia. http://www.oh.gov.hu/letolt/okev/doc/erettsegi_40_2002_201001/biologia_vk_2010.pdf.
- Bruner, S. J. (1968): Az oktatás folyamata. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Board of Studies New South Wales of Australia (2006): *Science and Technology K-6. Outcomes and Indicators*. www.boardofstudies.nsw.edu.au.
- Bybee, R. W. és Ben-Zvi, N. (1998): Science Curriculum: Transforming goals to practices. In: Fraser, B. J. és Tobin, K. G. (szerk.): *International handbook of science education*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 487–498.
- Bybee, R. W. és DeBoer, G. E. (1994): Goals for the science curriculum. In: Gabel, D. (szerk.): *Handbook of research on science teaching and learning*. National Science Teachers Association, Washington, DC., 357–387.
- Caravita, S. és Halldén, O. (1994): Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, **4.** 1. sz. 89–111.
- Carey, S. (1985): *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. és Spelke, E. S. (1994): Domain specific knowledge and conceptual change. In: Hirschfeld, L. A. és Gelman, S. (szerk.): *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge University Press, Cambridge, 169–200.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D. és de Leeuw, N. (1994): From thing to processes: a theory of

- conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, **4**, 27–43.
- Champagne, A., Bergi, K., Bybee, R., Duschl, R. és Gallagher, J. (2004): *NAEP 2009 Science Framework Development: Issues and Recommendations*. NAEP Science Issues Paper Panel. Developed for the National Assessment Governing Board.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. és Glaser, R. (1981): Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 2. sz. 121–152.
- Chinn, A. C. és Brewer, W. F. (1998): Theories of knowledge acquisition. In: Fraser, B. J. és Tobin, K. G. (szerk.): *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 97–113.
- Chrappán Magdolna (1998): A diszciplináris tárgytól az integrált tárgyakig. *Új Pedagógiai Szemle*, **48**, 12. sz.
- Comber, L. C. és Keeves, J. P. (1973): *Science Education in Nineteen Countries. International Studies in Evaluation*. Stockholm.
- Corcoran, T., Mosher, F. A. és Rogat, A. (2009): *Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform*. Consortium for Policy Research in Education. Center on Continuous Instructional Improvement. Teachers College–Columbia University.
- Csapó Benő (1992): *Kognitív pedagógia*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csapó Benő (2004a): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. In: Csapó Benő (szerk.): *Tudás és iskola*. Műszaki Kiadó, Budapest, 147–174.
- Csapó Benő (2004b): Természettudományos nevelés: Híd a tudomány és a nevelés között. In: Csapó Benő (szerk.): *Tudás és iskola*. Műszaki Kiadó, Budapest, 11–28.
- Csapó Benő (2004c): A tudás és a kompetenciák. In: Csapó Benő (szerk.): *Tudás és iskola*. Műszaki Kiadó, Budapest, 41–55.
- Csorba F. László (2003): Gyakorlatiasság és tudás. *Új Pedagógiai Szemle*, **53**, 4. sz. 11–20.
- D. Molnár Éva (2010): A tanulás értelmezése a 21. században. *Iskolakultúra*, **20**, 11. sz. 3–16.
- DeBoer, G. E. (1991): *A history of ideas in science education. Implication for practice*. Teachers College, Columbia University, New York and London.
- Department for Education and Employment, Qualifications and Curriculum Authority: *The National Curriculum for England*. <http://curriculum.qcda.gov.uk>.
- Dobóné Tarai Éva (2007): Általános iskolai tanulók tudásszerkezete. Az anyag és az anyag változásai. *Iskolakultúra*, **17**, 8. sz. 119–131.
- Duit, R. (1994): Research on students' conceptions – developments and trends. In: Pfundt, H. és Duit, R. (szerk.): *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel. xxii–xxiii.
- Duit, R. és Treagust, T. F. (1998): Learning in science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: Fraser, B. J. és Tobin, K. G. (szerk.): *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 3–25.
- Eysenck, W. M. és Keane, M. T. (1997): *Kognitív pszichológia*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Falus Iván (2003): Az oktatás stratégiái és módszerei. In: Falus Iván (szerk.): *Didaktika. Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 243–296.
- Felvégi Emese (2006): Integrált természettudomány-tanítás, nemzetközi projektek. *Új Pedagógiai Szemle*, **56**, 5. sz. 116–121.

- Glaserfeld, E. (1995): *Radical constructivism. A way of knowing and learning*. The Palmer Press, London, Washington, D. C.
- Gopnik, A., Meltzoff, A. N. és Kuhl, P., K. (2003): *Bölcsék a bölcsőben. Hogyan tanulnak a kisbabák*. Typotex Kiadó, Budapest.
- Habók Anita (2004): A tanulás tanulása az értelemgazdag tanulás elsajátítása érdekében. *Magyar Pedagógia*, **104**. 4. sz. 443–470.
- Habók Anita (2008): Fogalmi térképek. *Magyar Pszichológiai Szemle*, **63**. 3. sz. 519–546.
- Hackling, M. és Garnett, P. (1992): Novice differences in science investigation skills. *Research in Science Education*, **22**. 1. sz. 170–177.
- Hajdu Lajos (1998): *Földrajz. Alapműveltségi vizsga: részletes követelmények és a vizsgázás eszközei, módszerei*. Mozaik Kiadó, Szeged.
- Halldén, O., Scheja, M. és Haglund, L. (2008): The contextuality of knowledge: An intentional approach to meaning making and conceptual change. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York, 509–532.
- Harlen, W. (2010): *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education. College Lane, Hatfield, Herts. www.ase.org.uk.
- Havas Péter (2006): A természettudományi kompetenciákról és a természettudományi oktatás kompetencia alapú fejlesztéséről. In: Demeter Kinga (szerk.): *A kompetencia. Kihívások és értelmezések*. OKI, Budapest.
- Helm, H. és Novak, J. D. (1983): *Misconceptions in Science and Mathematics. Proceedings of the International Seminar*. Department of Education, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY
- Hobson, A. L. (1999): Releváns fizikát mindenkinek. *Iskolakultúra*, **9**. 10. sz. 108–113.
- Inagaki, K. és Hatano, G. (2008): Conceptual change in naïve biology. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York, 240–262.
- Jánossy Lajos (1970): A fizika középiskolai oktatása. *Fizikai Szemle*, **20**. 1. sz. 16–20.
- Jonassen, D. (2008): Model building for conceptual change. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York. 676–693.
- Józsa Krisztián, Lencsés Gyula és Papp Katalin (1996): Merre tovább iskolai természettudomány? Vizsgálatok a természettudomány iskolai helyzetéről, a középiskolások pályaválasztási szándékairól. *Fizikai Szemle*, **46**. 5. sz. 167–170.
- Keeves, J. P. (1992): *The IEA Study of Science III: Changes in Science Education an Achievement: 1970 to 1984*. Pergamon Press, Oxford.
- Kiss Edina és Tóth Zoltán (2002): Fogalmi térképek a kémia tanításában. Módszerek és eljárások. 12. kötet, Debrecen. 63–69.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H-E. és Vollmer, H. J. (2003): *The Development of National Educational Standards. An Expertise*. BMBF, Berlin.
- Kluknavszky Ágnes (2006): A folyadékok szerkezetéről alkotott tanulói elképzelések. *A Kémia Tanítása*, **14**. 4. sz.
- Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek megjelenése a természettudományos fogalmak tanulása során. *Magyar Pedagógia*, **97**. 1. sz. 19–41.

- Korom Erzsébet (2000): A fogalmi váltás elméletei. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 2–3. sz. 179–205.
- Korom Erzsébet (2002): Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek. In: Csapó Benő (szerk., második kiadás): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest, 149–176.
- Korom Erzsébet (2003): A fogalmi váltás kutatása: Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12-18 éves korban. *Iskolakultúra*, 13. 8. sz. 84–94.
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Kovács Gyula (2003): A perceptuális kategorizáció alapjai. In: Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest, 202–216.
- Kozma, R. B. és Russell, J. (1997): Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34. 9. sz. 949–968.
- Kozma, R. B. (2000): The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. In: Jacobson, M. és Kozma, R. (szerk.): *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning*. Erlbaum, Mahwah, NJ. 11–46.
- Kuhn, T. S. (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete*. Gondolat, Kiadó Budapest.
- Lapointe, A. E., Askew, J. M. és Mead, N. A. (1992): *Learning science. Report*. Prepared for the National Center for Educational Statistics, U.S. Department of Education and the National Science Foundation.
- Leach, J. T. és Scott, P. H. (2008): Teaching for conceptual understanding: An approach drawing on individual and sociocultural perspectives. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York. 647–675.
- Learning Outcomes Framework (LOF), Developed by the Hong Kong Institute of Education. http://cd1.edb.hkedcity.net/cd/science/lof_e/lof.htm.
- Ludányi Lajos (2007): A levegő összetételével kapcsolatos tanulói koncepciók vizsgálata. *Iskolakultúra*, 17. 10. sz. 50–63.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., Garden, R. A. és O'Connor, K., M. (2000, szerk.): TIMSS 1999 International Science Report. Boston College, Chestnut Hill, MA.
- Marx György (2001): Tudatos döntésre éretten a 21. században. *Új Pedagógiai Szemle*, 51. 9. sz. 61–63.
- Mérő László (2001): *Új észjárások. A racionális gondolkodás ereje és korlátai*. Tercium Kiadó, Budapest.
- Mihályi Ildikó (2001): Természettudomány és nevelés. *Új Pedagógiai Szemle*, 43. 1. sz. 3–21.
- Molnár Gyöngyvér (2006): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A. és Eberber, E. (2005, szerk.): TIMSS 2007 Assessment Frameworks. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., Gonzalez, E. J., Chrostowski, S. J. és O'Connor, K. M. (2001, szerk.): *Assessment Frameworks and Specifications 2003 (2nd Edition)*. International Study Center, Lynch School of Education, College Boston, Boston.

- Murphy, G. L. (2002): *The big book of concepts*. A Bradford Book, The MIT Press, Massachusetts.
- Murphy, P. K. és Alexander, P. A. (2008): The role of knowledge, beliefs, and interest in the conceptual change process: A synthesis and meta-analysis of the research. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York, 583–616.
- Művelődési és Köznevelési Minisztérium (1995): *Nemzeti alaptanterv – NAT*. Korona Kiadó, Budapest.
- MTA (1976): *A Magyar Tudományos Akadémia állásfoglalásai és ajánlásai a távlati műveltség tartalmára és az iskolai nevelőtevékenység fejlesztésére*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés II. világháború utáni fejlődésében. *Új Pedagógiai Szemle*, 1. sz.
- Nahalka István (1999): Válságban a magyar természettudományos nevelés. *Új Pedagógiai Szemle*, 49. 5. sz. 3–22.
- Nahalka István (2002a): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Nahalka István (2002b): A gyermektudomány elemei a fizikában. In: Radnóti Katalin és Nahalka István (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 159–187.
- Nagy József (1985): *A tudástechnológia elméleti alapjai*. OOK, Veszprém.
- Nagy Lászlóné (1999): A biológiai alapfogalmak fejlődése 6-16 éves korban. *Magyar Pedagógia*, 99. 3. sz. 263–288.
- Nagy Lászlóné (2005): Grafikus rendezők alkalmazása a biológia tanításában és tanulásában. *Biológia Tanítása*, 13. 4. sz. 3–10.
- Nagy Lászlóné (2006): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás („inquiry-based learning/teaching”, IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20. 12. sz. 31–51.
- National Research Council (U. S.) (1996): *National Science Education Standards*. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council Board on Science Education, Committee on Conceptual Framework for New K–12 Science Education Standards (2011): *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press, Washington, D. C. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13165&page=61
- Neidorf, T. S., Binkley, M. és Stephens, M. (2006): *Comparing Science Content in the National Assessment of Educational Progress (NAEP) 2000 and Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2003 Assessments* (NCES 2006–026). U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics. <http://nces.ed.gov/pubsearch>.
- Nohara, D. (2001): *A Comparison of the National Assessment of Educational Progress (NAEP), the Third International Mathematics and Science Study Repeat (TIMSS-R), and the Programme for International Student Assessment (PISA)*. (NCES 2001-07) U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement National Center for Education Statistics. Washington, DC.

- Novak, J. D. (1983): Overview of the seminar. In: Helm, H. és Novak, J. D. (szerk.): *Proceedings of the first international seminar on misconceptions in science and mathematics*. Department of Education, Cornell University, New York. 1–4.
- Novak, J. D. (1987): *Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Proceedings of the International Seminar*. Department of Education, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY
- Novak, J. D. (1990): Concept maps and vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education. *Instructional Science*, **19**. 29–52.
- Novak, J. D. (2005): Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 1. sz. 23–40.
- OECD (1999): *Measuring Student Knowledge and Skills*. OECD. Paris. A New Framework for Assessment. OECD, Paris.
- OECD (2000): *Measuring student knowledge and skills. The PISA 2000 Assessment of reading, mathematical and scientific literacy. Education and Skills*. OECD, Paris.
- OECD (2003): The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving, Knowledge and skills. OECD, Paris.
- OECD (2006): *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD, Paris.
- OECD (2009): PISA 2009 Assessment Framework – Key Competencies in Reading, Mathematics and Science. OECD, Paris.
- Oktatási Minisztérium (2004): *Nemzeti alaptanterv, 2003*. OM, Budapest. <http://www.nefmi.gov.hu/kozoktatasi/archivum/kormany-243-2003-xii-17>.
- Oktatási és Kulturális Minisztérium (2007): *Nemzeti alaptanterv, 2007*. OKM, Budapest. http://www.nefmi.gov.hu/letolt/kozoktat/nat_070926.pdf.
- Olsen, R. V., Lie, S. és Turmo, A. (2001): Learning about students' knowledge and thinking in science through large-scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education*, **16**. 3. sz. 403–420.
- Papp Katalin (2001): Természettudományos nevelés: múlt, jelen és jövő. In: Csapó Benő és Vidákovich Tibor (szerk.): *Neveléstudomány az ezredfordulón*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 328–338.
- Papp Katalin és Józsa Krisztián (2000): Legkevésbé a fizikát szeretik a diákok? *Fizikai Szemle*, **50**. 2. sz. 61–67.
- Papp Zoltán és Pappné Patai Anikó (2003): Miért szorulnak vissza a természettudományok, és mit tehetünk ez ellen? *Fizikai Szemle*, **53**. 7. sz. 260.
- Piaget, J. (1929): *The child's conceptions of the world*. Harcourt, Brace and Company, New York.
- Pinker, S. (2002): *Hogyan működik az elme*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Pintrich, P., Marx, R. W. és Boyle, R. A. (1993): Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, **6**. 167–199.
- Pléh Csaba (2001): A megismerés pszichológiája és tudománya, avagy a kognitív pszichológiától a kognitív tudományig. In: Csapó Benő és Vidákovich Tibor (szerk.): *Neveléstudomány az ezredfordulón*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 67–87.
- Pope, M. és Gilbert, J. (1983): Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, **67**. 2. sz. 193–203.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. és Gertzog, W. A. (1982): Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, **66**, 211–227.
- Pótáriné Hojcsi Zsuzsanna (1999): Kémia. Alapműveltségi vizsga: részletes vizsgakövetelmények és a vizsgáztatás eszközei, módszerei. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.
- Radnóti Katalin (1995): Komplex természettudományos tantárgy Magyarországon? *Iskolakultúra*, **5**, 8–9. sz. 79–94.
- Radnóti Katalin és Pipek János (2009): A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle*, **59**, 3. sz. 107–113.
- Radnóti Katalin (2010): Elsőéves hallgatók kémia tudása. *A Kémia Tanítása*, MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged, **18**, 1. sz. 13–24.
- Ragó Anett (2000): A szavak mögött – fogalmi rendszerünk kialakítása. In: Oláh Attila és Bugán Antal (szerk.): *Fejezetek a pszichológia alapterületeiből*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 77–86.
- Ragó Anett (2007a): Kategorizáció és fogalmi reprezentáció. In: Csépe Valéria, Györi Miklós és Ragó Anett (szerk.): *Általános pszichológia 2*. Osiris Kiadó, Budapest, 272–314.
- Ragó Anett (2007b): Fogalmi rendszerek. In: Csépe Valéria, Györi Miklós és Ragó Anett (szerk.): *Általános pszichológia 2*. Osiris Kiadó, Budapest, 315–329.
- Revákné Markóczi Ibolya és Radnóti Katalin (2011): A felsőoktatásba belépő hallgatók biológiatudása egy felmérés tükrében. *A Biológia Tanítása*. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged, **19**, 2. sz. 3–13.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2007): *Science education now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2010): Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért. *Iskolakultúra*, **20**, 12. sz. 13–30.
- Roth, K. (1990): Developing meaningful conceptual understanding in science. In: Jones, B. és Idol, L. (szerk.): *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. NJ. Erlbaum, Hillsdale.
- Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress*. National Assessment Governing Board, Washington, DC.
- Simon, H. A. (1982): *Korlátozott racionalitás*. Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest.
- Spada, H. (1994): Conceptual change or multiple representations? *Learning and Instruction*, **4**, 113–116.
- Saljö, R. (1999): Concepts, cognition and discourse: From mental structures to discursive tools. In: Schnotz, W., Vosniadou, S. és Carretero, M. (szerk.): *New perspectives in conceptual change*. Pergamon, Elsevier Science, Oxford. 82–90.
- Siddiqui, M., H. (2008): *Teaching of home science*. S.B. Nangia, New Delhi.
- Spelke, E. S. (1991): Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory. In: Carey, S. és Gelman, R. (szerk.): *Epigenesis of mind: Studies in biology and cognition*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 133–170.
- Szabó Árpád (1998): A természettudományos nevelés. *Új Pedagógiai Szemle*, **48**, 6. sz. 13–16.

- Szalay Balázs (1999): Természettudomány. In: Vári Péter (szerk.): *Monitor '97. A tanulók tudásának változása*. Országos Közoktatási Intézet, Budapest, 150–208.
- Thagard, P. (2008): Conceptual change in the history of science: life, mind and disease. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York, 374–387.
- The Ontario Curriculum Grades 1-8 (2007): Science and Technology. <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/scientec18currb.pdf>.
- The Victorian Essential Learning Standards (VELS) <http://vels.vcaa.vic.edu.au/overview/index.html>.
- Tóth Zoltán (1999): A kémiatankönyvek mint a tévképzetek forrásai. *Iskolakultúra*, **9**. 10. sz. 103–107.
- Vári Péter (1997, szerk.): *Monitor '95. A tanulók tudásának felmérése. Mérés – Értékelés – Vizsga I.* Országos Közoktatási Intézet, Budapest.
- Vári Péter (1999): A Monitor '97 vizsgálat főbb szempontjai és eredményei. In: Vári Péter (1999, szerk.): *Monitor '97. A tanulók tudásának változása*. Országos Közoktatási Intézet, Budapest, 11–64.
- Vári Péter, Bánfi Ilona, Felvégi Emese, Krolopp Judit, Rózsa Csaba és Szalay Balázs (2000): A tanulók tudásának változása I.-II.. Jelentés a monitor '99 vizsgálat eredményeiről. *Új Pedagógiai Szemle*, **50**. 6. sz. 25–35. és 7–8. sz. 15–26.
- Venville, G., Rennie, L. J. és Wallace, J. (2009): *Disciplinary versus Integrated Curriculum: The challenge for school science*. <http://www.ias.uwa.edu.au/new-critic>
- Veres Gábor (2002a): Komplex természetismeret a Politechnikumban I. *Új Pedagógiai Szemle*, **52**. 5. 60–83.
- Veres Gábor (2002b): Komplex természetismeret a Politechnikumban II. *Új Pedagógiai Szemle*, **52**. 6. 56–63.
- Veres Gábor (2008): Kérdések és válaszok az integrált természettudományos nevelésről. In: Havas Péter és Veres Gábor (szerk.): *Globális éghajlatváltozás*. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest.
- Veres Gábor (2010): Kutatásalapú tanulás – a feladatok tükrében. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 61–77.
- Victor András (1979, 1980): *Részletes követelmény- és taneszközrendszer. Kémia. Általános Iskola 7. osztály, 8. osztály*. Országos Pedagógiai Intézet, Budapest. (2. kiadvány)
- Vigotszkij, L. Sz. (1967): *Gondolkodás és beszéd*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Vojtsvillo, J. K. (1978): *A fogalom*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, **4**. 45–69.
- Vosniadou, S. és Ioannides, C. (1998): From conceptual change to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, **20**. 1213–1230.
- Vosniadou, S. (2001): Tanulás, megismerés és a fogalmi váltás problematikája. *Magyar Pedagógia*, **101**. 4. sz. 435–448.
- Vosniadou, S. (2008): Conceptual change research: An introduction. In: Vosniadou, S. (szerk.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge, New York, xiii–xxviii.

- Wallace, J. és Loudén, W. (1998): Curriculum change in science: Riding the waves of reform. In: Fraser, B. J. és Tobin, K. G. (szerk.): *International handbook of science education*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 471–485.
- Weiglhofer, H. (2007): Austria at the beginning of the way to standards in science. In: Waddington, D., Nentwig, P. és Schanze, S. (szerk.): *Making it comparable. Standards in science education*. Waxmann, Münster.
- Wandersee, J. (1985): Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 7. 581–597.
- Zátonyi Sándor (1978, 1979, 1980): *Részletes követelmény- és taneszközrendszer. Fizika. Általános iskola 6. osztály, 7. osztály, 8. osztály*. Országos Pedagógiai Intézet, Budapest. (3. kiadvány).
- Zátonyi Sándor (1998): Fizika. Alapműveltségi vizsga: részletes vizsgakövetelmények és a vizsgáztatás eszközei, módszerei. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.



A diagnosztikus természettudomány-felmérések részletes tartalmi kereteinek kidolgozása: elméleti alapok és gyakorlati kérdések

Korom Erzsébet

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

B. Németh Mária

MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport

Nagy Lászlóné

Szegedi Tudományegyetem Biológiai Szakmódszertani Csoport

Csapó Benő

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Bevezetés

Ennek e fejezetnek az a fő funkciója, hogy kapcsolatot teremtsen az előző három elméleti fejezet és a következő részben bemutatásra kerülő részletes tartalmi leírások között. Itt foglalkozunk továbbá a tartalmi keretek műfaji sajátosságaival, és bemutatjuk azokat a megfontolásokat, amelyek az általunk alkalmazott megoldásokat indokolják.

Az első fejezet a nemzetközi kutatások alapján vázolta fel a természet-tudományos gondolkodás fejlesztésével és általában a természettudomány gondolkodásfejlesztő szerepével kapcsolatos eredményeket, elsősorban a fejlődés-lélektani megközelítés alapján. A második fejezet a természet-tudomány-tanítás külső céljai felől közelítette meg a problémát, ugyancsak a nemzetközi tudományos eredmények felhasználásával. A harmadik fejezetben már megjelentek a magyar közoktatás hagyományai, tantervi

adottságai, és körvonalazódott az a gyakorlat is, amelyhez a diagnosztikus rendszert illeszteni kell. Ezekből már látható az egyik megoldandó feladat: úgy kell a tudomány élvonalának eredményeit adaptálni, hogy azok mind az egyes tanulókra, mind pedig az oktatási rendszer egészére a legnagyobb fejlesztő hatást gyakorolhassák.

A diagnosztikus mérési rendszer három fő területen kerül egymással párhuzamosan kidolgozásra, minden tekintetben azonos alapelvek szerint.¹ Az olvasás, a matematika és a természettudomány azonos keretek közötti kezelését számos pszichológiai és pedagógiai alapelv és oktatásszervezési adottság indokolja. Megfelelő szintű szövegértés nélkül nem lehet sem matematikát, sem természettudományt tanulni, ugyanakkor a matematika és a természettudomány olyan szövegek olvasásának és megértésének képességeit is fejleszti, amelyekre a szépirodalmi szövegek nem kínálnak lehetőséget. A matematika és a nyelv logikája kölcsönösen erősítheti egymást. A természettudomány a legjobb gyakorlóterep a matematikában elsajátított összefüggések alkalmazására. A sokféle kapcsolatrendszer figyelembevételre és kihasználására különösen fontos az iskola kezdő szakaszában, amikor a tanulók értelmi fejlődése nagyon gyors, és rendkívül érzékeny a stimuláló hatásokra.

A három terület párhuzamos kezelésének további előnye, hogy kölcsönösen megtermékenyítik egymást, az egyik területen megjelenő ötletek, formai megoldások felhasználhatók a másik két területen is. A feladatrendszerek kidolgozása, az egységes skálázás, adatelemzés és a visszajelző rendszerek kifejlesztése is szükségessé teszi a három terület párhuzamos kezelését és bizonyos közös alapelvek követését. A párhuzamok azonban kompromisszumokat is igényelnek: ugyanazok az alapelvek csak bizonyos mértékig követhetők azonos módon a három területen. Az egységesség érdekében megőrizzük, és párhuzamosan alkalmazzuk a háromdimenziós megközelítést, ugyanakkor az egyes dimenziók értelmezésében figyelembe vesszük a területek sajátosságait.

A párhuzamos munka további előnye lehet a komplementer hatás. A három területet összesen kilenc elméleti fejezet alapozza meg. A fejezetek szerkezetének felvázolása során már nem törekedtünk a szigorú

¹ Ez a fejezet is tartalmaz olyan részeket, amelyek mind a három kötet azonos funkciójú fejezetében megjelennek.

párhuzamra. Így lehetővé vált, hogy az egyik terület az egyik, a másik valami más kérdést bontson ki részletesebben. Például az olvasás kötet első fejezetében hangsúlyosabb a fejlődés-lélektani, idegtudományi megközelítés, amelynek fontos üzenetei vannak a matematika és részben a természettudomány számára is. Néhány gondolkodási képesség leírása részletesebb a természettudomány kötet első fejezetében, ugyanakkor ezek a képességek fejlesztendőek a matematikában is. A kötetek második, a tudás alkalmazási kérdéseivel foglalkozó fejezeteinek általános érvényű megállapításai a másik két mérési területen is érvényesíthetőek. A kötetek harmadik fejezete mindegyik területen gyakorlati, tantervi kérdéseket is tárgyal, közös bennük a kötődés a magyar közoktatás történeti hagyományaihoz, mai gyakorlatához. Ugyanakkor az oktatás tartalmának kiválasztása és elrendezése terén is felmerül a progresszív nemzetközi tendenciák követésének, a másutt elért eredmények alkalmazásának igénye.

Ezeknek az elveknek megfelelően a kilenc elméleti fejezetet együttesen tekintjük a diagnosztikus mérési rendszer elméleti alapjának. Az egyes elméleti fejezetekben feldolgozott háttértudásból mindegyik területen meríthetünk anélkül, hogy a közös kérdéseket minden párhuzamos fejezetben részletesen kibontottuk volna.

E fejezet első részében áttekintjük a tartalmi keretek kidolgozásának fő szempontjait. Elsőként az oktatás céljainak és a mérések tartalmának leírására használt eszközrendszereket ismertetjük, és bemutatjuk a diagnosztikus mérések tartalmának részletes leírására általunk használt megoldást. A további részekben kifejtjük, miképpen alkalmazzuk ezeket az elveket a természettudomány tartalmi kereteinek kidolgozásában.

Taxonómiák, standardok és tartalmi keretek

A diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek kidolgozása során különböző forrásokra támaszkodhatunk. Munkánk során azt a fejlődési irányt követtük, amely az oktatás céljainak és a mérések tartalmainak pontos meghatározására törekszik. Elsőként a tartalmak leírására használt rendszereket tekintjük át, és ezekhez viszonyítva jellemezzük az általunk alkalmazott módszert.

Taxonómiai rendszerek

A tantervi célok precíz leírására való törekvés az 1950-es évekig vezethető vissza. Többféle folyamat együttes hatásaként ekkor jelentek meg Bloom és munkatársainak taxonómiai rendszerei, amelyek azután erőteljesen befolyásolták az azt követő évtizedek pedagógiai törekvéseit. A taxonómiák kidolgozásának egyik kiváltó oka a tantervi célok megfogalmazásának homályosságával való általános elégedetlenség volt, egy másik pedig az oktatásban megerősödő kibernetikai szemléletmód. Megjelent a szabályozhatóság igénye, amihez szükség volt a visszacsatolásra, a visszacsatolás pedig feltételezi a célként kitűzött és az aktuálisan elért értékek mérését. A cél és az aktuális állapot összehasonlítása alapján lehet megállapítani a hiányosságokat, és ezekre alapozva lehet megtervezni a beavatkozást. Az ugyanebben az időben más folyamatok hatására megerősödő pedagógiai értékelés, a tesztek elterjedése szintén szükségessé tette a mérés tárgyának pontosabb meghatározását.

A taxonómia lényegében egy szerkezeti váz, amely megmutatja, hogyan lehet bizonyos dolgokat – esetünkben az elsajátítandó tudást – elrendezni, rendszerbe foglalni, osztályozni. Olyan, mint egy fiókos szekrény, melynek fiókjain ott vannak a címkék, amelyek megmutatják, minek kell azokba kerülnie. A taxonómia felfogható egy táblázatként is, aminek a kitöltött fejléce kijelöli, mi lehet az egyes oszlopokban és sorokban. A korábbi általános leírások után egy ilyen formalizált rendszer alapján történő tervezés valóban nagy előrelépést jelentett, és a konkrét tantárgyi célok kidolgozóit a tanítás eredményeként elvárt viselkedés alapos végiggondolására készítette.

A legnagyobb hatása az elsőként megjelenő, a kognitív területre vonatkozó taxonómiai rendszernek volt (Bloom és mtsai., 1956), amely új távlatokat nyitott a tanterv- és értékelésmélet számára. A taxonómiai rendszer konkrét, megfigyelhető kategóriákban írta le a tanulóktól elvárt viselkedésformákat. A legnagyobb újdonságot a hat egymásra épülő és minden tudásterületen egységesen alkalmazható keretrendszer jelentette. Ezen túl számottevő előrelépést jelentett a korábbi hasonló törekvéseket nagymértékben meghaladó részletesség, pontosság és konkrétság. További előny volt, hogy ugyanazt a részletes leírást lehetett használni a tanulási folyamatok megtervezésére és a mérőeszközök elkészítésére. Innen ered a *cél- és értékelés-taxonómiák* elnevezés, amely utal a kettős funkcióra.

A Bloom-féle taxonómiák elsőként az Egyesült Államokban váltottak ki jelentősebb közvetlen hatást, majd ez a rendszer alapozta meg az első nemzetközi IEA-felméréseket is (lásd még 2. fejezet). Az empirikus vizsgálatok nem mindenben igazolták a tudásnak e taxonómiai rendszerben feltételezett hierarchiáját. A Bloom-taxonómiát meghatározó viselkedés-lélektani megközelítés is háttérbe szorult az oktatási folyamatok pszichológiai értelmezésében, átadva a helyét más paradigmáknak, mindenekelőtt a kognitív pszichológiának. Így az eredeti kognitív taxonómiák alkalmazására is egyre ritkábban került sor. Az affektív és a pszichomotoros terület hasonló taxonómiai csak később készültek el, és bár sok területen alkalmazták azokat, nem váltottak ki a kognitívhoz hasonló széles körű hatást.

A taxonómiák mint rendszerezési elvek „üres rendszerek”, nem foglalkoznak a konkrét tartalommal. A taxonómiákat bemutató kézikönyvekben a tartalom csak az illusztráció szerepét tölti be. Ha például *Bloom* taxonómiájának hat szintje – az ismeret, a megértés, az alkalmazás, az analízis, a szintézis és az értékelés – a kémia egy konkrét területén elérendő célok leírásában kerül alkalmazásra, akkor azt kell pontosan megadni, mit kell tudni kémiából, mit kell megérteni, mit alkalmazni stb. (lásd pl. *Klopfer*, 1971).

Az eredeti taxonómiák hatására, vagy azok átdolgozásaként, korszerűsítéseként a későbbiekben is születtek, és folyamatosan születnek újabb rendszerek és a célok leírását segítő hasonló szellemű kézikönyvek (*Anderson és Krathwohl*, 2001; *Marzano és Kendall*, 2007). Ezek közös jellemzője, hogy folytatják a *Bloom* által meghonosított hagyományt, továbbra is központi kérdésként kezelve a célok operacionalizálását, a tudás konkrétan felmérhető alapelemekre való lebontását. A taxonómiai rendszerek elkészítése során kialakult módszerek később a standardok kidolgozásának is hasznos módszertani forrásai lettek.

Standardok az oktatásban

A standardok kidolgozása az 1990-es években kapott lendületet. Ez a folyamat elsősorban az angolszász országokban volt látványos, ahol a közoktatásban korábban nem voltak a tanítás tartalmát szabályozó normatív dokumentumok. Volt például olyan ország, ahol – kis túlzással – minden

iskolában azt tanítottak, amit helyi szinten eldöntöttek. Ilyen feltételek mellett az oktatáspolitikai lehetőségei beszűkültek, az iskolarendszer teljesítményének javítására kevés lehetőség adódott. Ezért indultak el azok a folyamatok, amelyek valamilyen szinten (tartományi, nemzeti) az iskolai oktatás céljainak központi meghatározásához vezettek.

Az oktatási standardok lényegében az egységes oktatási követelményeket jelentik. Ellentétben a taxonómiákkal – mint rendszerekkel –, a standardok mindig konkrét tartalommal foglalkoznak. Külön szakmai csoportok, a szakterület specialistáiból szerveződő munkacsoportok készítik azokat, így a különböző diszciplínák sajátosságaitól függően sokféle formai megoldást alkalmazhatnak.

A standardok a legfrissebb elméleti koncepciók és tudományos eredmények felhasználásával készülnek, az egyes országok természettudományos standardjai között mégis jelentős különbségek lehetnek (lásd pl. *Waddington, Nentwig és Schanze, 2007*). A standardok általában leíró jellegűek, és azt fejezik ki, milyen tudás várható el a tanulóktól az adott tárgyból egy adott évfolyam befejeztével. Ebből következően a *standardok* fogalmának a magyar tantervi szakirodalom *követelmények* kifejezése felel meg legjobban.

A standardok kidolgozásával párhuzamosan elterjedt azok alkalmazása, a taxonómiai rendszerekhez hasonlóan mind az értékelésben, mind az oktatás folyamatában. Kézikönyvek sokasága jelent meg, amelyek részletesen bemutatják a standardok kidolgozásának és alkalmazásának módszereit. A hangsúlyok azonban mások, mint amelyek a taxonómiai rendszerek esetében érvényesültek. A standardok közvetlenül inkább az oktatásban hatnak (lásd pl. *Ainsworth, 2003; Marzano és Haystead, 2008*), és csak másodlagos az ezekhez igazodó értékelés (pl. *O'Neill és Stansbury, 2000; Ainsworth és Viegut, 2006*). A standard alapú oktatás (*standard-based education*) lényegében azt jelenti, hogy *vannak* részletesen kidolgozott, egységes követelmények, melyek elérése elvárható az adott életkorú tanulóktól.

A standardok és a standard alapú oktatás a magyar és más, erősen központosított oktatási rendszerekben tapasztalatot szerzett szakemberek számára nem mindenben jelentenek újdonságot. Magyarországon az 1990-es évek előtt egy központi tanterv írta elő a tanítás tartalmait, amelyre egyetlen tankönyv épült. Az általános iskola minden tanulója ugyanazt a tananyagot tanulta, és elvileg mindenkinek ugyanazokat a követelmé-

nyeket kellett teljesíteni. Az egységes tanterveket egyes területeken (matematika, természettudományok) évtizedek gyakorlati szakmai tapasztalata csiszolta, más területek ki voltak szolgáltatva a politikai-ideológiai önkénynek. Az 1990-es években elindult folyamatokra erőteljesen hatott a standardokat alkalmazó angolszász modell, azonban az ingaeffektus is érvényesült, és a tantervi szabályozás átlendült a másik oldalra, a Nemzeti alaptanterv már csak minimális központi előírást tartalmaz. Ez a folyamat ellentétes azzal, ami ugyanebben az időszakban más országokban lejátszódott. Összehasonlításként érdemes megjegyezni, hogy az amerikai matematika standardokat bemutató kötet (*National Council of Teachers of Mathematics*, 2000) önmagában terjedelmesebb, mint a Nemzeti alaptanterv első, 1995-ben megjelent változata. Időközben a Nat még rövidebb lett.

A standardok megjelenése és a standard alapú oktatás azonban nem egyszerűen egységesítést vagy központosítást jelent, hanem a tanulás tartalmainak szakszerű, tudományosan megalapozott elrendezését. Az új szemléletű standardok kidolgozása olyan országokban is meghatározóvá vált, amelyeknek korábban is voltak egységes tantervei. Például Németországban, ahol az oktatás tartalmait tartományi szinten korábban is részletesen szabályozták, elkezdődtek az egységes standardok kifejlesztésére irányuló kutatások (*Klieme és mtsai.*, 2003). A standardok legfontosabb, meghatározó vonása a tudományos megalapozás igénye. A standardok kidolgozása, a standard alapú oktatás világszerte kiterjedt kutató-fejlesztő munkát indított el.

A diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek kidolgozása során merítettünk mind a standard alapú oktatás elméleti megfontolásaiból, mind az egyes konkrét standardok tartalmi és formai megoldásaiból. Követtük a standardok kidolgozásának hagyományait abban is, hogy az egyes tartalmi-mérési területek sajátosságait érvényesítettük, és nem törekedtünk az olvasás, a matematika és a természettudomány tartalmainak leírásában a pontosan megegyező formai megoldásokra.

Az általunk kidolgozott tartalmi keretek azonban különböznek is a standardoktól abban a tekintetben, hogy nem követelményeket, nem elvárásokat határoznak meg. Közös vonásuk azonban a standardokkal a részletesség, a konkrét, pontos leírásra törekvés és a tudományos megalapozás igénye.

Tartalmi keretek

Az általunk elkészített részletes leírásokra a „tartalmi keretek” megnevezést használjuk (az angol *framework* megfelelőjeként). A mérések tartalmi keretei annyiban hasonlíthatnak a standardokra, hogy a tudás részletes, rendszerezett leírását tartalmazzák. Különbség azonban, hogy a standardok a kimenet felől közelítik meg az oktatást. A hagyományos tantervekkel ellentétben a tartalmi keretek nem azt rögzítik, hogy mit kell tanítani vagy megtanulni. Nem határoznak meg elérendő követelményeket sem, bár a tartalmi leírások implicite kifejezik, hogy mit lehetne/kellene tudni a maximális teljesítményszinten.

A tartalmi keretek legismertebb példái a nemzetközi felmérésekhez készültek. A sok országra kiterjedő mérések esetében értelemszerűen szóba sem jöhet követelmények rögzítése. A tartalmi keretek ebben az esetben azt mutatják be, mit lehet, mit érdemes felmérni. A tartalom körülhatárolásánál különböző szempontokat lehet érvényesíteni. A korai IEA-mérések esetében a részt vevő országok tantervei jelentették a kiindulási alapot, tehát azt, hogy általában mit tanítanak az adott területen.

A PISA-mérések tartalmi keretei a három fő mérési területen azt írják le, hogy milyen alkalmazható tudásra van szüksége a modern társadalmak tizenöt éves fiataljának. Ebben az esetben a tudás alkalmazása és a modern társadalom szükségletei, az alkalmazás tipikus kontextusai meghatározó szerepet játszanak a tartalmi keretek kidolgozásában, és természetesen az adott diszciplínák, iskolai tantárgyak tudásának alkalmazásáról van szó bennük.

Egy harmadik megközelítés lehet a tanulásra és a tudásra vonatkozó tudományos kutatás felőli, a fejlődéslélektan és a kognitív pszichológia eredményeiből kiinduló leírás. Ez a szempont domináns azokon a kereszt-tantervi területeken is, amelyek nem egy (vagy néhány) iskolai tantárgyhoz kötődnek. Ilyen mérés volt például a tanulási stratégiákat és az önszabályozó tanulást középpontba állító negyedik területen a *PISA 2000*-felmérésben, amelynek tartalmi kereteit alapvetően pszichológiai szempontok, a tanulásra vonatkozó kutatási eredmények határozták meg (Artelt, Baumert, Julius-Mc-Elvany és Peschar, 2003). Pszichológiai szempontok alapján lehet leírni a tanulók attitűdjeit, amelyek vizsgálatá szinte minden nemzetközi mérésben szerepel, és különösen kiemelkedő szerepet játszott a PISA 2006 természettudomány-vizsgálatban (OECD,

2006). Hasonlóképpen, a pszichológiai kutatásokból ismerjük a problémamegoldó gondolkodás szerkezetét, ami a 2003-as PISA kiegészítő mérési területe volt (*OECD*, 2004), és a legfrissebb kognitív kutatásokra épül a PISA 2012 keretében lebonyolítandó dinamikus problémamegoldás felmérés.

A diagnosztikus mérések számára készített tartalmi keretek (lásd az 5. fejezetet) merítettek a nemzetközi mérések tartalmi kereteinek munkálataiból. Annyiban hasonlítanak a PISA tartalmi kereteire (pl. *OECD*, 2006, 2009), hogy három fő mérési terület, az olvasás, a matematika és a természettudomány felmérését alapozzák meg. Különböznek azonban abban a tekintetben, hogy a PISA egy korosztályra, a tizenöt évesekre fókuszál, így egy metszetet ad a tanulók tudásáról. Ezzel szemben a mi tartalmi kereteink hat évfolyamot fognak át, fiatalabb tanulókkal foglalkoznak, és jelentős hangsúlyt kap bennük a fejlődési szempont.

A PISA tartalmi keretei egy adott mérési ciklusra készülnek, és bár az egyes mérési ciklusok között sok az átfedés, minden egyes ciklusban frissülnek. A PISA tartalmi keretek az egész értékelési folyamat leírását átfogják, a mérési terület meghatározásától (*defining the domain*) a területet szervező alapelvek kifejtésén (*organizing the domain*) keresztül az eredményeket leíró skálákig (*reporting scales*) és az eredmények interpretálásáig. Az általunk kidolgozott tartalmi keretek e folyamatból csak a mérési terület meghatározását, a szervező elvek bemutatását, és a tartalom részletes leírását fogják át. Bemutatják a mérések fő dimenzióit, a mérési skálák tartalmát, de nem foglalkoznak a skálán elérhető szintekkel és a skálázás kvantitatív kérdéseivel. Tekintettel a fejlődési szempontokra, a skálák kidolgozására csak további elméleti előmunkálatok és az empirikus adatok birtokában kerül sor.

A mérések tartalmának több szempontú megközelítése

Az utóbbi évtized oktatási innovációit főleg az integratív szemlélet határozta meg. Az érdeklődés középpontjába került kompetenciák maguk is különböző tudáselemek (egyes értelmezések szerint további, affektív elemekkel kiegészült) komplex egységei. A kompetencia alapú oktatás, a projekt módszer, a tartalomba ágyazott képességfejlesztés, a tartalomba

integrált nyelvtanítás és még sok más innovatív tanítási-tanulási módszer egyidejűleg több célt valósít meg. Az ilyen integratív megközelítések révén megszerzett tudásról feltételezhető, hogy könnyebben transzferálható, szélesebb körben felhasználható. Hasonló elvek szerint épülhetnek fel a szummatív jellegű kimeneti tesztek, ezt a megközelítést követik a PISA-tesztek és a magyar kompetenciamérések is.

Másfajta mérési megoldásra van azonban szükség akkor, ha a tanulás problémáit kívánjuk megelőzni, a lemaradásokat, a későbbi sikeres tanulást veszélyeztető hiányosságokat szeretnénk azonosítani. Ha a mérések eredményét a szükséges beavatkozások meghatározására használjuk, nem elég a tanulók tudásáról globális indikátorokat szolgáltató tesztet készíteni. Nem elég megállapítani, hogy a tanuló meg tud-e oldani egy komplex feladatot. Fel kell deríteni azt is, hogy mi az esetleges kudarc oka, vajon az alapvető ismeretei hiányoznak, vagy pedig azok a gondolkodási műveletek nem kellően fejlettek, amelyek az ismeretek logikus következtetési láncokká szervezéséhez szükségesek.

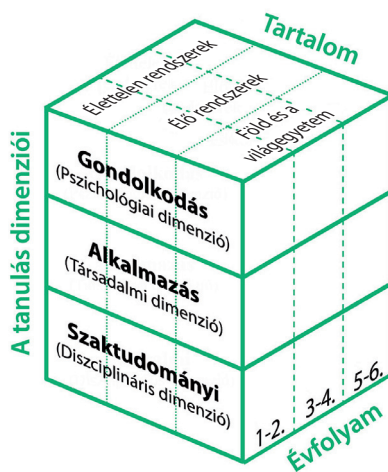
A diagnosztikus mérésekhez a tanulói tudás részletesebb leírására van szükség, ezért a tanításban érvényesülő integratív megközelítéssel ellentétben az analitikus megközelítést alkalmazzuk. Ugyanakkor a tanulást segítő méréseknek igazodniuk is kell az oktatás konkrét folyamataihoz. E követelményeknek megfelelően kialakulóban van a diagnosztikus és formatív felmérések technológiája, amely merít a nagymintás szummatív mérések tapasztalataiból, ugyanakkor számos új elemmel gazdagítja a mérési eljárásokat (Black, Harrison, Lee, Marshall és Wiliam, 2003; Leighton és Gierl, 2007).

A diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek kidolgozása szempontjából számos tanulsága van a hasonló területeken végzett korábbi munkáknak, különösen a kisgyermekkorban alkalmazott felméréseknek (Snow és Van Hemel, 2008) és az iskola kezdő szakaszára kidolgozott formatív technikáknak (Clarke, 2001, 2005). Számunkra ezek közül is a legfontosabb a több szempontú, analitikus megközelítés, a pszichológiai és a fejlődési elvek hangsúlyossá tétele. Ugyanakkor a korábbi formatív és diagnosztikus rendszerek papír alapú teszteket használtak, ami erősen korlátozta a lehetőségeiket. Mi online számítógépes teszteket alkalmazunk, ami gyakoribb és részletesebb méréseket tesz lehetővé. A korábbiaknál nagyobb felbontású felméréseket végezhetünk, amihez alkalmazkodni kell a tartalmi kereteknek is.

A mérendő tartalom elrendezésének szempontjai

A felmérések tartalmát három fő szempont szerint rendezhetjük el. A három változó szerinti elrendezés egy háromdimenziós tömböt alkot, melynek vázlatát a 4.1. ábra mutatja be. A mérések tartalmának kifejtéséhez azonban ezt a háromdimenziós tömböt, annak egyes blokkjait lineárisan kell elrendezni. A tömb elemeit többféle módon felsorolhatjuk, attól függően, hogyan szeleteljük fel, melyik dimenzió mentén készítünk metszetet először, másodszor, majd harmadszor. Itt azt az elrendezési szempontot mutatjuk be, amelyik legjobban megfelel a diagnosztikus értékelés követelményeinek.

Az elsőként kiemelt szempont, a tanulás célja, maga is egy többdimenziós rendszer, amely az elemzésünk három fő dimenzióját, a pszichológiai (gondolkodási), a társadalmi (alkalmazási) és a diszciplináris (szaktárgyi) dimenziókat jeleníti meg. Ez a három dimenzió az, melyekre mindegyik fő mérési területen (olvasás, matematika, természettudomány) fejlődési skálákat dolgozunk ki (lásd részletesebben a következő részben).



4.1. ábra. A mérések tartalmának több szempontú elrendezése

A második szempont a fejlődés. Ebben a tekintetben a hat évfolyamot három kétéves blokkra bontottuk, az 1–2., a 3–4. és az 5–6. évfolyamokat foglalva egy-egy csoportba. Mivel a hat évfolyamot átfogó időszakot egységes fejlődési folyamatnak tekintjük, ez csak egy technikai megoldás

a tartalom elrendezésére. Empirikus bizonyítékok hiányában az életkorhoz (évfolyamhoz) rendelés egyébként is csak hozzávetőleges lehet.

Végül a harmadik szempont az adott mérési területen rendelkezésre álló tartalmak köre. Az így lebontott tartalmi blokkok alkotják a részletes tartalmi keretek egységeit. A különböző szempontok kombinálása miatt az egyes szempontok értékeinek növelése könnyen kombinatorikai robbanáshoz vezethet. Így esetünkben a konkrét mérési tartalmak számát kell mértéktartóan kezelni. A három tanulási dimenziót, a három életkori blokkot és a természettudomány esetén három fő tartalmi területet megkülönböztetve 27 blokk adódik. További részterületek elkülönítésével ez a szám rohamosan növekedne.

A diagnosztikus mérések skálái, a pszichológiai, az alkalmazási és a diszciplináris dimenzió

Korábbi empirikus vizsgálataink tapasztalatai alapján egy olyan modellt dolgoztunk ki, amelynek három dimenziója megfelel az oktatás három fő céljának. Ezek a célok végighúzódnak az iskolázás történetén, és megfelelnek a modern iskolai teljesítménymérés fő irányainak (Csapó, 2004, 2008, 2010).

Az értelem kiművelése, a gondolkodás fejlesztése olyan cél, amely nem külső tartalmakat nevez meg, hanem belső tulajdonságra hivatkozik. Modern terminológiával ezt *pszichológiai* dimenzióknak nevezhetjük. Az előző részben már utaltunk arra, hogy ez a dimenzió a PISA-vizsgálatokban is megjelent. Több olyan mérési területet is láttunk, amely pszichológiai eredmények alapján értelmezte a mérés tartalmát. A természettudomány terén ez a dimenzió azt vizsgálja, fejleszti-e a természettudomány tanulója a gondolkodást, az általános kognitív képességeket vagy a szűkebb értelemben vett tudományos gondolkodást az elvárható mértékben.

Egy másik régóta jelenlévő cél, hogy az iskola nyújtson hasznosítható, iskolán kívül is alkalmazható tudást. Ezt a szempontot *társadalmi* dimenzióknak nevezzük, és a tudás hasznosíthatóságát, alkalmazhatóságát értjük alatta. A tudás alkalmazása rokon fogalom a tudástranszferrel, amely egy adott kontextusban elsajátított tudás alkalmazását jelenti egy másik kontextusban. A transzfernek lehetnek fokozatai, amit a transzfer-távolsággal jellemezhetünk.

A harmadik meghatározó cél az, hogy az iskolában a tanulók elsajátítsák annak a tudásnak a lényeges elemeit, amit a tudományok és a művészetek felhalmoztak. Ez a cél valósul meg, amikor a tanulók az adott diszciplína, tudományterület szempontjai és értékei szerint közelítenek a tanuláshoz. Ez a szaktantárgyi vagy *diszciplináris* dimenzió. Az utóbbi években több olyan oktatási törekvés indult el, amely a korábbi, egyoldalú diszciplináris megközelítést kívánta kiegyensúlyozni. A kompetencia alapú oktatás és az alkalmazást középpontba állító tudásszintmérés némileg elhomályosította a szaktudományok szempontjait. Ahhoz azonban, hogy a tananyag szaktudományi szempontból összefüggő, egységes és így megérthető rendszert alkosson, szükség van azoknak a tudáselemeknek az elsajátítására is, amelyek közvetlenül nem szolgálják az alkalmazást vagy a gondolkodás fejlesztését, de a tudomány lényegének megértéséhez nélkülözhetetlenek. A tudományos állítások érvényességét igazoló bizonyítékok elsajátítása, a fogalmak szoros egymásra épülését biztosító pontos meghatározások megtanulása szükséges ahhoz, hogy a tanulók tudása szaktudományi szempontból is egységes rendszert alkosson.

A háromdimenziós modell azt jelenti, hogy ugyanaz a tartalom (esetleg kisebb hangsúlyeltolódással) felhasználható mindhárom dimenzióban feladat írására. Ezt a rendszerezés példájával szemléltethetjük. A rendszerezési képesség műveletei (pl. a sorbarendezés, osztályozás, csoportba sorolás) elemi szinten már gyermekkorban kialakulnak. A világ dolgait kategóriákba rendezzük, a fogalmi kategóriák kialakításában nélkülözhetetlen a dolgok közötti hasonlóságok és különbségek felismerése, a kategorizálás alapjául szolgáló szempontok kiválasztása. A rendszerezési képesség elemeit fejlesztik az iskolai gyakorlatok, fejlesztik a tudományos ismeretek rendszerezett átadása. Meg lehet mérni a rendszerezési képesség fejlettségének szintjét gondolkodási feladattal, egyszerű tartalmak segítségével (pl. hétköznapi tárgyak osztályozása, ruhadarabok csoportosítása aszerint, hogy melyik évszak(ok)ban viseljük azokat). Az alkalmazási feladat valamely hétköznapi szituációhoz kötődhet, amelyben alkalmazni kell a tanulónak az iskolában megtanult ismereteket is, például élelmiszerek csoportosítása napi és heti étrend összeállításához különböző szempontok (pl. összetétel, tápérték) szerint. Végül ellenőrizhetjük, hogy a tanulók megtanulták-e, hogyan rendszerezi a biológia tudománya az élőlényeket, mi a rendszerezés alapja, melyek az élőlények nagy csoportjai, hogyan nevezzük ezeket a csoportokat, és hogyan szemléltethető

vizuális formában (pl. fagráffal vagy halmazábrával) a csoportok egymáshoz való viszonya, az élőlények rendszerének hierarchiája. Ez utóbbi már olyan tudás, amit nem lehet a kognitív fejlődést stimuláló gyakorlatokkal kialakítani, csak a megfelelő szaktárgyi tudás elsajátításával.

A természettudományok tanulása szorosan összefügg az általános értelmi fejlődéssel. A természettudományok minden területén meghatározó szerepe van a műveletvégzésnek, a gondolkodásnak, és számos területen előtérbe kerül az elsajátított tudás alkalmazhatósága is. A három dimenzió ezért nem minden esetben válik el élesen egymástól. Azt, hogy egy feladatot a gondolkodási, az alkalmazási vagy a diszciplináris csoportba sorolunk-e attól függ, hogy az általa mért tartalom milyen mértékben kötődik a szaktudományi tudáshoz, a tananyaghoz, az iskolai feladatok kontextusához.

A pszichológiai dimenzió megjelenése a részletes tartalmi keretekben

A gondolkodási képességek fejlődését és fejlettségük vizsgálatát a részletes tartalmi keretekben az első alfejezet tárgyalja, amely a matematikával közös képességrendszer mellett példát mutat a természettudományos megismerés, vizsgálódás, kutatás területspecifikus elemeinek mérése is. Elméleti háttérét a kötet első fejezete adja, amely áttekinti az általános gondolkodási képességek rendszerét, a fejlődés és a fejlesztés kérdéseit, tárgyalja az általános, a tudományos és a természettudományos gondolkodás viszonyát.

A természettudományos gondolkodás

A természettudományos gondolkodást (*scientific thinking*) gyakran értelmezik úgy, mint a gondolkodás specifikus típusát. Olyan mentális folyamatok összességét értik alatta, amelyeket akkor használunk, amikor valamilyen természettudományos tartalomról (pl. erő a fizikában, oldatok a kémiában, növények a biológiában) gondolkodunk, vagy valamilyen tipikus természettudományos tevékenységet végzünk (pl. vizsgálatot, kísérletet tervezünk, hajtunk végre) (*Dumbar és Fugelsang*, 2005). A termé-

szettudományos gondolkodás segíti az általános gondolkodási képességek fejlődését, és egyben feltétele a természettudományos diszciplináris tudás eredményes elsajátításának.

A természettudományos gondolkodás nem szűkíthető le a tudományos megismerés módszereinek ismeretére, alkalmazására. Magában foglal számos olyan általános kognitív képességet, amit az emberek a nem természettudományos területen is alkalmaznak, mint például az indukció, dedukció, analógia, oksági gondolkodás, problémamegoldás. A természettudományos gondolkodás specifikus elemei kötődnek a természettudományos tárgyú vizsgálatok lépéseihöz (pl. kérdések felvetése, problémák felismerése, világos megfogalmazása; releváns adatok gyűjtése, értékelése; következtetések levonása, az eredmények objektív értékelése; az eredmények kommunikálása). Magukban foglalják a tudományos információk elemzését (pl. tudományos szövegek megértése, vizsgálatok értékelése, kapcsolatteremtés az elméletek és a tények között). Ide kapcsolódik továbbá a tudomány működésével, hatásainak értékelésével kapcsolatos tudás (pl. a természettudományos tudás állandó fejlődésének magyarázata; a fizikai, biológiai és a szociális világ szoros összefüggésének felismerése; a természettudományos eredmények hasznának és veszélyeinek azonosítása; a bizonyítékokon alapuló következtetés, döntéshozás), amely átvezet a tudás alkalmazási dimenziójához.

A természettudományos gondolkodás fejlődése, fejlesztése

A gyermekek értelmi képességeinek fejlődése összekapcsolódik személyiségük egyéb összetevőinek változásával. A különböző életkori szakaszokban eltérő a tanulók érdeklődése, másként gondolkodnak, különbözőképpen cselekednek, és másféle a valósághoz való viszonyuk. A kognitív fejlődés ütemében jelentős egyéni eltérések lehetnek, ezért az életkori szakaszok határai nem merevek. Az 1–6. évfolyamot a tartalmi keretekben egységes fejlődési folyamatnak tekintjük, a gondolkodási képességek fejlettségének szintjét empirikus adatok hiányában nem rendeljük hozzá a három életkori szakaszhoz. A gondolkodás fejlődésének értelmezéséhez és a gondolkodási műveletek vizsgálatához azonban alapul vesszük a fejlődéslélektanból ismert pszichológiai jellemzőket, és elsősorban az 1–4. és az 5–6. évfolyam között teszünk különbséget.

Az 1–6. évfolyamos korosztályt a *Piaget* által leírt szakaszok szerint alapvetően a konkrét műveletek jellemzik, de az 5–6. évfolyamon megjelenhetnek a következő szakasz, a formális műveletek jellemzői is. Az 1–4. évfolyamos tanulókat a tapasztalatokhoz kötött konkrét műveletek jellemzik: csak korlátozott számú változót tudnak kezelni; felismerik, leírják a változók közötti kapcsolatot, de nem tudják azt megmagyarázni. A formális műveletek szakaszában a gyerekek képesek többváltozós problémákat kezelni; eseményeket megjósolni, megmagyarázni. Például egy ökológiai rendszer jellemzése során a konkrét műveletek szakaszában a tanuló képes felismerni és leírni egy egyszerű táplálékláncot, és felismeri a kapcsolatot a tápláléklánc tagjai között. Ahhoz, hogy megértse az ökoszisztéma mint többváltozós rendszer dinamikus egyensúlyának lényegét, és értse, hogy egy tényező megváltozása a rendszerben további hatásokat eredményezhet és elvezethet az egyensúly eltolódásához, már a gondolkodás magasabb szintje szükséges (*Adey, Shayer és Yates, 1995*).

A természettudományos gondolkodás fejlődése szoros kapcsolatban van a matematikai készségek fejlettségével és azok alkalmazhatóságával. A természettudományos vizsgálatokhoz, a természettudományos kutatási készségek működéséhez alapvető például az elemi számolási készségek alkalmazása, az arányosság, a százalékszámítás, a mértékváltás, az adatok ábrázolása, grafikonok készítése, értelmezése, a valószínűségi gondolkodás, korrelatív gondolkodás.

A természettudományos gondolkodás elemeit az oktatás kezdetétől lehet fejleszteni. Nagy szerepet játszik ebben az időszakban a közvetlen tapasztalat, a dolgok, jelenségek megfigyelése, vizsgálata, de kísérletezés nélkül is fejleszthetők a gondolkodási műveletek (pl. vizsgálatok tervezése, megfigyelések, vizsgálatok eredményeinek értelmezése). Az életkor, illetve az iskoláztatás előrehaladtával fokozatosan nehezebb természetmegismerési módszerek, technikák, egyre több tartalmi területen való, egyre önállóbb alkalmazását várják el a tanulóktól a tantervek és a tankönyvek (*Nagy L.-né, 2006a, 2008, 2009*).

Számos módszertani publikáció hívja fel a figyelmet arra, hogy a fiatal gyermekeket be kellene vonni a természettudomány művelésébe („*sciencing*”) a természettudományos tények direkt közlése helyett. A tevékenységorientált (*action-oriented*) és kutatás alapú (*inquiry-based*) megközelítéseket a fiatal gyermekek természettudomány-tanulására is kiterjesztik; tevékenységek, feladatok révén segítik a kérdések feltevését,

a válaszok keresését, a vizsgálatok tervezését, adatok gyűjtését. A kutatási eredmények azonban azt jelzik, hogy az egyszerű felfedezéssel tanulás csak kevés gyermek esetében vezet el a tudományos ismeretrendszer elsajátításához. Hatékonyabb módszer az irányított felfedezés összekapcsolása az explicit tanítással.

Az 5. fejezetben áttekintjük, hogyan lehet figyelembe venni a természettudományos gondolkodás vizsgálata során az 1–4., valamint az 5–6. évfolyamot átfogó életkori szakaszok pszichológiai jellemzőit, és ebből következően a kognitív műveletek egymásra épülési sorrendjét. Az általános gondolkodási műveletek működését természettudományos területről választott tartalmakon vizsgáljuk. A részletes tartalmi keret kidolgozásakor felhasználtuk az eddigi hazai mérési tapasztalatokat; az általános gondolkodási képességek közül az induktív (Csapó, 2002), deduktív (Vidákovich, 2002), analógiás (Nagy L.-né, 2006b), kombinatív (Csapó, 1998) és korrelatív (Bán, 2002) gondolkodás, valamint a rendszerezési képesség (Nagy, 1990) vizsgálatának eredményeit. A területspecifikus elemek mérésére a természettudományos vizsgálat, problémamegoldás, szövegértés, bizonyítékelemzés, döntéshozatal területéről mutatunk be néhány példát.

Az alkalmazás dimenzió megjelenése a részletes tartalmi keretekben

Az alkalmazás a diagnosztikus mérések tartalmát leíró háromdimenziós modellben (4.1. ábra) a tanulás társadalmi elvárások szerint szerveződő dimenziója, amely a tudás társadalmi hasznosíthatóságára, különböző kontextusokban való alkalmazhatóságára, a tudástranszfer fejlesztésére, valamint a tudomány, a technika, a társadalom és a környezet közötti kapcsolatteremtés képességére helyezi a hangsúlyt. A társadalmi dimenzió a részletes tartalmi keretekben a gondolkodási és a diszciplináris dimenzióhoz hasonló súllyal jelenik meg. Azt a szempontrendszert írja le, amely mentén mérhető, hogy a tanulók egy adott fejlődési szakaszban rendelkeznek-e alkalmazható, a közvetlen és a tágabb környezet szempontjából hasznos természettudományos tudással.

Az alkalmazás dimenzió elméleti hátterét a természettudományos nevelés céljait és alapelveit képviselő természettudományos műveltség adja.

A természettudományos műveltségnek sokféle meghatározása van. Ezek azonban megegyeznek abban, hogy különböző hangsúlyokkal, de lényegében ugyanazt a társadalmi elvárást írják le, a mindennapi problémák értelmezését és megoldását támogató, az egyéni döntéseket megalapozó alkalmazható tudást foglalják elméleti keretrendszerbe.

Az alkalmazható tudás

Alkalmazható tudáson a tudás tartalmi elemeinek (ismeretek) és műveleti rendszerének (gondolkodási képességek) olyan komplex rendszerét értjük, amely különböző helyzetekben is működik. A pszichológiai vizsgálatok (pl. *Butterworth*, 1993; *Clancey*, 1992; *Schneider*, *Healy*, *Ericsson* és *Bourne*, 1995; *Tulving*, 1979) jelzik, hogy a tanulás szituatív jellegű, a tudás aktiválása, alkalmazása függ a tanulási és a felhasználási szituáció viszonyától, vagyis az alkalmazás nem automatikus, a tanulóknak a tartalmak és a műveletek transzferálását meg kell tanulniuk. A tudás transzferálása során fel kell ismerni a feladatok, a szituációk közötti hasonlóságokat, különbségeket. A tartalmak és a műveletek szempontjából eltérő távolság lehet a már ismert és az új feladat között. A transzfertávolság mellett a szakirodalom a tudástranszfer számos formáját írja le (*Molnár*, 2006). A részletes tartalmi keretekben a közeli és a távoli transzfer fogalmát használjuk. A közeli transzfer esetében a tanulási és az alkalmazási szituáció nagymértékben hasonlít. Ilyen például egy tantárgy adott témakörében elsajátított tudás alkalmazása ugyanazon tantárgy más témaköreiben vagy más tantárgyban. A távoli transzfer alatt olyan alkalmazást értünk, mikor a tanulási és az alkalmazási szituáció között jelentős különbségek vannak, például az iskolában tanultak alkalmazása hétköznapi helyzeteket, szituációkat, valós (realisztikus) problémákat tartalmazó feladatok megoldásában (4.2. ábra). A tudástranszfer, az alkalmazást nagymértékben befolyásolják a feladat jellemzői és az a szituáció, kontextus, amely a feladatban megjelenik, ezért az alkalmazható tudás értékeléséhez szükséges a kontextus jellemzése, leírása.

Az alkalmazás kontextusa

A kontextus értelmezése a különböző tudományterületeken igen változó (*Butterworth, 1993; Goldman, 1995; Grondin, 2002; Roazzi és Bryant, 1993*). A részletes tartalmi keretek kidolgozáskor a kontextus alatt a feladatoknak, problémáknak értelmezési keretet adó dolgok (személyek, tárgyak, események), azok jellemzőinek és egymáshoz való viszonyának összességét, a szituációt leíró azon információk együttesét értjük, amely alapvetően meghatározza a tudás aktiválását, a feladat megoldását.

A kontextus a nemzeti standardokban és a különböző felmérések elméleti kereteiben legtöbbször implicit jelentéstartalommal használt jelzős szerkezetek, ellentétpárok formájában jelenik meg. Ilyenek például az „ismert – ismeretlen /új”; „iskolai – iskolán kívüli” vagy a „tudományos – életszerű / valós /realisztikus” kifejezések. A kontextus részletesebb jellemzésére először a PISA-programban került sor (*OECD, 2006*). A részletes tartalmi keretekben a PISA rendszerét vettük alapul, amelyben az egyik szempontot a kontextus (személyes/társadalmi/globális), a másikat azok a társadalmi szempontból fontos természettudományos tartalmak, problémák (pl. egészség, természeti források, kockázatok) adják, amelyeket az egyes kontextusokban vizsgáltak. Megtartottuk ezeket a szempontokat, de a tudás hétköznapi szituációkban való alkalmazásának értékelése mellett az iskolai kontextushoz kötődő alkalmazásokat is figyelembe vettük. Az iskolai kontextus három formáját különböztettük meg: (1) adott tantárgy más témája, (2) más természettudományos tantárgy, (3) nem természettudományos tantárgy (4.2. ábra). A nem iskolai, hétköznapi szituációkat a realisztikus kontextusok képviselik, melyek felosztásában megtartottuk a PISA személyes, társadalmi és globális kategóriáit.

Iskolai	Adott tantárgy más témája	
	Más természettudományos tantárgy	
	Nem természettudományos tantárgy	
Realisztikus	Autentikus	Személyes (egyéni, családi, kortárs)
		Társadalmi (közösségi)
	Nem autentikus	Globális (a világot érintő)

4.2. ábra. A tudás alkalmazásának kontextusai

Realisztikusnak tekintjük azokat a jelenségeket, eseményeket, kérdéseket, problémákat, melyek értelmezése és megoldása különböző megfontolások miatt (pl. hozzátartoznak a természettudományos műveltséghez) elvárható az adott életkorban. Mivel a fiatalabb korosztályokban (az 1–6. évfolyamokon) mind a tanulásban, mind a felhasználásban (feladatmegoldásban) fontos szerepe van az egyéni tapasztalatoknak, és releváns tudást elsősorban a közvetlen környezet problémáinak megoldása jelent, a realisztikus feladatokat két csoportba soroltuk aszerint, hogy a bennük megjelenő szituáció mennyiben jelent a tanuló számára ténylegesen átélhető tapasztalatot. Megkülönböztettünk autentikus és nem autentikus feladatokat. Az autentikus feladatok kontextusa főként személyes, esetleg társadalmi, a tanuló életéből vett szituációkhoz (pl. közlekedés, sport), a saját életében, családjában, kortársi kapcsolataiban vagy tágabb környezetében megtapasztalt helyzetekhez, problémákhoz kötődik. A nem autentikus feladatok olyan mindennapi problémák, amelyekben megjelenik a tudomány, a technika és a társadalom kapcsolata, de az adott életkorú gyerek számára ténylegesen nem relevánsak (pl. globális felmelegedés, alternatív energiaforrások). Az 1–6. évfolyamokon nem autentikus a társadalmi problémák többsége és a globális, az emberiséget általában érintő kérdések köre.

Az alkalmazási dimenzióhoz kapcsolódóan a részletes tartalmi keretek második alfejezetében mintafeladatokkal illusztrálva mutatjuk be, hogyan mérhető a tudás alkalmazása a különböző kontextusokban, figyelembe véve az életkori sajátosságokat, a tanulók tapasztalatait, érdeklődését.

A diszciplináris dimenzió megjelenése a részletes tartalmi keretekben

A tartalmi dimenzió szempontjából két módon is rendszereztük a természettudományos tartalmakat: interdiszciplináris és diszciplináris szempontokat követve. Az interdiszciplináris megközelítésben – összhangban a diszciplináris dimenzióval kapcsolatos harmadik fejezettel – fontosnak tartjuk olyan alapfogalmak, alapelvek, összefüggések kialakítását, fejlesztését, amelyek összekötik az egyes diszciplinákat, a természettudományos műveltség alapját képezik, és nemcsak az 1–6. évfolyamon, ha-

nem a természettudományos oktatás teljes időtartama alatt bővíthetők, formálhatók. Számos példát találunk a külföldi természettudományos standardokban alapfogalmak, alapelvek megadására, a Nemzeti alaptantervünk is törekszik erre. Az általunk javasolt rendszerben két alapfogalom szerepel: anyag és energia, az összefüggések pedig a szerkezet és tulajdonság kapcsolatára, a rendszerek és kölcsönhatások értelmezésére, az állandóság és változás felismerésére, a tudományos megismerésre, valamint a tudomány, társadalom, technika kapcsolatára vonatkoznak.

A szaktudományi tartalmak tárgyalásának másik módja a diszciplináris szempontokat követi. A négy természettudományos diszciplína alapján három tartalmi területet alakítottunk ki: Élettelen rendszerek, Élő rendszerek, valamint a Föld és a világegyetem. A fizikai világgal, az anyagokkal és azok tulajdonságaival, állapotaival foglalkozó két tudományterületet, a kémiát és a fizikát nem választottuk szét, egy tartalmi területen belül értelmeztük. Annak ellenére, hogy hazánkban a természettudományos tantárgyak tanítása az 1–6. évfolyamon integrált tantárgyak (környezetismeret, természetismeret) keretein belül zajlik, indokoltnak tartjuk ezt a felosztást.

A három tartalmi terület elkülönítése lehetővé teszi, hogy a diszciplináris tudás elemei nyomon követhetők legyenek az egyes életkori szakaszokban, összerendezve lehessen látni, hogy a természettudományos diszciplínákon belül mely témakörök, fogalmak, tények, összefüggések jelennek meg a 6. évfolyamig. A három tartalmi terület megkülönböztetése azért is hasznos, mert a természettudományos oktatás teljes időszakára, a diszciplínák szerint történő oktatási szakaszra (7–12. évfolyam) is alkalmazható. A három tartalmi terület összhangban van a PISA-vizsgálatokban alkalmazott felosztással. A 2006-os és 2009-es felmérések mérési kereteiben a természettudományos ismeretek hasonló elnevezéssel szerepelnek. A három terület mellett a PISA-vizsgálatokban megjelennek még a technológiai rendszerek, valamint a természettudományokról és a természettudományos kutatásról szóló témakörök is (*OECD*, 2006. 32–33. o.; *OECD*, 2009. 139–140. o.). E három utóbbi témakör az általunk készített rendszerben a diszciplínákon átívelő összefüggések között kapott helyet.

A részletes tartalmi keretek harmadik alfejezetekben áttekintjük a három tartalmi területen (Élettelen rendszerek, Élő rendszerek, A Föld és a világegyetem) azokat a tudáselemeket, amelyek elsajátítását a

szaktudományok szempontjából kiemelkedő fontosságúnak tartjuk. Az 1–6. évfolyamon tanítható és mérhető ismeretek, készségek és képességek tárgyalásánál figyelembe vesszük a tanulók gondolkodására, ismeretrendszerének fejlődésére vonatkozó kutatási eredményeket, és rámutatunk a tanulók tudásában várható különbségekre az egyes életkori szakaszokban. A természettudományok tanulásának kezdeti szakaszában a tanulók elsősorban a tapasztalati tudásukra építenek, ami rendkívül hasznos kiindulási alap, ugyanakkor számos téma esetében a mindennapi tapasztalatok és a tudományos ismeretek nem kapcsolhatók közvetlenül össze, a tudományos fogalmak megértéséhez hosszabb út vezet. Ahol lehetséges, utalunk a fogalmi fejlődés egyes állomásaira, jellegzetes megnyilvánulási formáira, diagnosztizálási lehetőségeire. A tanulói tudás fejlődésére vonatkozó leírást a diagnosztikus értékelésben alkalmazható feladatokkal illusztráljuk. A diszciplináris dimenzió a szaktudományi szempontokat helyezi előtérbe, ezért az itt megjelenő feladatok a tudományos ismeretek elsajátításának szintjét vizsgálják az iskolai feladatok ismert kontextusában.

Élettelen rendszerek

Ez a tartalmi terület az élettelen természettel kapcsolatos ismeretelemeket határolja körül. Annak ellenére, hogy a Nemzeti alaptantervben hangsúlyosak a fizikai világra vonatkozó ismeretek a természettudományos nevelés alapozó szakaszában is, a jelenleg ajánlott kerettantervek, illetve a forgalomban lévő tankönyvek és munkafüzetek elemzése azt mutatja, hogy a fizika és a kémia szaktárgyi tudás tanulását megalapozó tartalmak az 1–6. évfolyamokon a többi természettudományos diszciplinához képest lényegesen kisebb arányban szerepelnek. A kisiskoláskort rendkívül fontos időszaknak tekintjük a fizikai világ megismerésében, a tudományos ismeretrendszer és gondolkodásmód elsajátításának előkészítésében. A részletes tartalmi keretekben ezért – összhangban a Nemzeti alaptantervvel és a külföldi tantervi és értékelési dokumentumokkal – a jelenlegi oktatási gyakorlatnál nagyobb hangsúlyt fektetünk a fizikai és a kémiai ismereteket alapozó témakörökre (A testek és az anyagok tulajdonságai, Az anyagok változásai, Kölcsönhatások, Az energia), a fizikai és kémiai alapfogalmak kialakításának megkezdésére.

A gyerekeket érdekli az őket körülvevő természeti és társadalmi környezet, megpróbálják megmagyarázni a természeti jelenségeket, kíváncsiak arra, hogyan működnek azok a technikai eszközök, amelyekkel nap mint nap találkozunk. Az iskolának fontos szerep jut abban, hogy segítsen megszerezni a sok helyről megszerzett ismereteket. Ha ezt nem teszi, a gyermekek által kitalált laikus magyarázatok tévképzetek kialakulásához és azok rögzüléséhez vezethetnek. Fontos fejlesztési feladat, hogy a diákokban már kisiskolás korban is formáljuk azt a tudást és szemléletmódot, amely alapján később képesek lesznek értelmezni a tudomány és a technika szerepét az emberek életében. Az Élettelen rendszerekre vonatkozó tartalmi keret arra is felhívja a figyelmet, hogy a fizikai és kémiai ismeretek elsajátítása során végzett változatos tevékenységek olyan gondolkodási képességeket fejlesztenek, amelyek hasznosíthatók más tantárgyak tanulásában és később, az életben való boldoguláshoz is szükségesek.

Élő rendszerek

Az Élő rendszerek tartalmi területre kidolgozott részletes tartalmi keretek – kapcsolódva számos fizikai, kémiai és természetföldrajzi ismerettel – az élőlényekkel kapcsolatos elvárt tudást mutatják be. A tartalmi elemek összhangban vannak a Nemzeti alaptantervben megfogalmazott tanítási elvekkel, figyelembe veszik a korcsoportok sajátosságait és azt a célt, hogy a tananyag elsajátítása hozzájáruljon a tanulók kognitív képességeinek fejlesztéséhez, tanulási motivációjuk növeléséhez. Az elvárható tudáselemek rendszerének kialakításánál, a témakörök (Az élet kritériumai és az élőlények tulajdonságai, Egysejtű élőlények, Növények, Állatok, Gombák, Ember, Életközösségek, Környezet- és természetvédelem) megadásánál figyelembe vettük a biológia érettségi követelmények rendszerét is, hogy az 1–6. évfolyamra kidolgozott rendszer továbbfejleszhető legyen a 12. évfolyam végéig. Lényeges szempont, hogy a részletes tartalmi keret hangsúlyozza a biológiatudomány módszereinek (pl. megfigyelés, kísérlet) közvetítését, a biológiatudomány, a technika és a társadalom szoros kapcsolatának felismertetését és a különböző tartalmi területeken átívelő alapfogalmak, összefüggések különböző aspektusból való megmutatását.

A Föld és a világegyetem

A természettudományi tudásban kissé speciális szerepet tölt be ez a tartalmi terület, mivel olyan tudáselemeket is magában foglal, amelyek más tudományterületekkel (pl. matematika) szoros kapcsolatban állnak, és a társadalom-földrajzi vonatkozások révén hidat képeznek a társadalomtudományok felé.

A tartalmi keret kidolgozása a földrajzi-környezeti tartalmak főbb logikai dimenziói alapján történt. A földrajz mint tér- és időtudomány jellegéből következően alapvető terület a tájékozódás térben és időben, a földi szférák (a földfelszín, a vízburok és a légkör) felépítése és jelenségei, illetve a regionális tér különböző nagyságrendű (a lakóhely és Magyarország, bolygónk és a világegyetem) ismerete, problémacentrikus megközelítése (a természeti környezet és a társadalom kapcsolata, környezetállapot). A tartalmi keret a földrajz mint környezettudomány közoktatási tartalmait és az azok elsajátításához, alkalmazásához szükséges tudás alapjait foglalja össze. Összeállításának alapját a külföldi standardok mellett elsősorban a hazai tantervelméleti kutatások eredményei és az aktuális dokumentumok (Nemzeti alaptanterv, érettségi követelményrendszer), illetve a földrajz tantárgypedagógia új irányzatai képezték. Lényeges jellemzője, hogy megkülönböztetett figyelmet szentel az ismeretekhez kapcsolódó készségek, tevékenységek egymásra épülő fejlődésének az egyes életkori szakaszokban.

Összegzés és további feladatok

A természettudomány részletes tartalmi keretei csak kiindulópontot jelentenek a diagnosztikus mérési rendszer kidolgozásához, egy hosszú fejlődési folyamat kezdő szakaszát vázolva. Az elméleti háttér és a részletes tartalmi keretek továbbfejlesztésének többféle forrása lehet.

A munka időbeli keretei által szabott korlátok miatt nem kerülhetett sor a külső szakmai vitára. Most e kötetekben megjelennek magyarul és angolul, így a legszélesebb tudományos és szakmai közösségek számára hozzáférhetővé válnak. A továbbfejlesztés első köre e szakmai körből érkező visszajelzések figyelembevételére várhatóan valósulhat meg.

A fejlesztés második, lényegében folyamatos forrása az új tudományos

eredmények beépítése lehet. Néhány területen különösen gyors a fejlődés, ezek közé tartozik a kora gyermekkori tanulás és fejlődés kutatása. A tudás, a képességek, a kompetenciák értelmezése, operacionalizálása számos kutatási programban megjelenik. Hasonlóan élénk munka folyik a formatív és diagnosztikus értékelés terén. E kutatások eredményeit fel lehet használni az elméleti háttér újragondolásához és a részletes leírások finomításához.

A tartalmi keretek fejlesztésének legfontosabb forrása alkalmazásuk gyakorlata lesz. A diagnosztikus rendszer folyamatosan termeli az adatokat, amelyeket fel lehet használni az elméleti keretek felülvizsgálatára is. A most kidolgozott rendszer a mai tudásunkra épül, a tartalom elrendezése és a hozzávetőleges életkori hozzárendelés tudományelméleti értelemben csak hipotézisnek tekinthető. A mérési adatok fogják megmutatni, melyik életkorban *mit tudnak* a tanulók, és csak további kísérletekkel lehet választ kapni arra a kérdésre, hogy hatékonyabb tanulásszervezésel *meddig lehet eljuttatni* őket.

A különböző feladatok közötti kapcsolatok elemzése megmutatja a fejlődés leírására szolgáló skálák összefüggéseit is. Rövid távon elemezni lehet, melyek azok a feladatok, amelyek az egyes skálák egyedi jellegét meghatározzák, és melyek azok, amelyek több dimenzióhoz is tartozhatnak. A diagnosztikus mérésekből származó adatok igazán fontos elemzési lehetőségei azonban az eredmények longitudinális összekapcsolásában rejlenek. Így hosszabb távon elemezni lehet azt is, milyen az egyes feladatok diagnosztikus ereje, melyek azok a területek, amelyek tudása meghatározza a későbbi tanulás eredményeit.

Irodalom

- Adey, P., Shayer, M. és Yates, C. (1995): *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project* (2. kiadás). Thomas Nelson and Sons Ltd., London.
- Ainsworth, L. (2003): *Power standards. Identifying the standards that matter the most*. Advanced Learning Press, Englewood, CA.
- Ainsworth, L. és Viegut, D. (2006): *Common formative assessments. How to connect standards-based instruction and assessment*. Corwin Press, Thousand Oaks, CA.
- Anderson, L. W. és Krathwohl, D. R. (2001): *A taxonomy for learning, teaching and assessing*. Longman, New York.
- Artelt, C., Baumert, J., Julius-Mc-Elvany, N. és Peschar, J. (2003): *Learners for life. Student approaches to learning*. OECD, Paris.

- Bán Sándor (2002): Gondolkodás a bizonytalanról: valószínűségi és korrelatív gondolkodás. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest, 231–260.
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B. és Wiliam, D. (2003): *Assessment for learning. Putting it into practice*. Open University Press, Berkshire.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. és Krathwohl, D. R. (1956): *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain*. Longmans, New York.
- Butterworth, G. (1993): Context and cognition in models of cognitive growth. In: Light, P. és Butterworth, G.: *Context and cognition*, Erlbaum, Hillsdale, NJ. 1–13.
- Clancey, W. J. (1992): Representations of knowing: In defense of cognitive apprenticeship. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 3. 2. sz. 139–168.
- Clarke, S. (2001): *Unlocking formative assessment. Practical strategies for enhancing pupils learning in primary classroom*. Hodder Arnold, London.
- Clarke, S. (2005): *Formative assessment in action. Weaving the elements together*. Hodder Murray, London.
- Csapó Benő (1998): *A kombinatív képesség struktúrája és fejlődése*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csapó Benő (2002): Az új tudás képződésének eszközei: az induktív gondolkodás. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest, 261–290.
- Csapó, B. (2004): Knowledge and competencies. In: Letschert, J. (szerk.): *The integrated person. How curriculum development relates to new competencies*. CIDREE, Enschede. 35–49.
- Csapó Benő (2008): A tanulás dimenziói és a tudás szerveződése. *Educatio*, 2. sz. 207–217.
- Csapó, B. (2010): Goals of learning and the organization of knowledge. In: Klieme, E., Leutner, D. és Kenk, M. (szerk.): *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik. Beltz, Weinheim. 12–27.
- Dumbar, K. és Fugelsang, J. (2005): Scientific Thinking and Reasoning. In: Holyoak, K. J. és Morrison, R. G. (szerk.): *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 705–725.
- Goldman, A. (1995): A tudás oksági elmélete. *Magyar Filozófiai Szemle*, 1–2. sz. 231–248.
- Grondin, J. (2002) *Bevezetés a filozófiai hermeneutikába*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Hartig, J., Klieme, E. és Rauch, D. (2008, szerk.): *Assessment of competencies in educational context*. Hogrefe, Göttingen.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H. E. és Vollmer, H. J. (2003): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin.
- Kloppfer, L. E. (1971): Evaluation of learning in Science. In: Bloom, B. S., Hatings, J. T. és Madaus, G. F. (szerk.): *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill Book Company, New York. 559–641.
- Leighton, J. P. és Gierl, M. J. (2007, szerk.): *Cognitive diagnostic assessment for education. Theory and applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Marzano R. J. és Kendall, J. S. (2007): *The new taxonomy of educational objectives*. 2nd ed. Corwin Press, Thousand Oaks, CA.

- Marzano, R. J. és Haystead, M. W. (2008): *Making standards useful in the classroom*. Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria.
- Molnár Gyöngyvér (2006): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Nagy József (1990): *A rendszerezési képesség kialakulása*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2006a): A tanulásról és az értelmi fejlődésről alkotott elképzelések hasznosítása a természettudományok tanításában. *A Biológia Tanítása*, **14**. 5. sz. 15–26.
- Nagy Lászlóné (2006b): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2008): A természet-megismerési kompetencia és fejlesztése a természettudományos tantárgyakban. *A Biológia Tanítása*, **16**. 4. sz. 3–7.
- Nagy Lászlóné (2009): Hogyan támogatják a környezetismeret-tankönyvek a tanulók kompetenciáinak, képességeinek fejlődését? *A Biológia Tanítása*, **17**. 5. sz. 3–21.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000): *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.
- O'Neill, K. és Stansbury, K. (2000): *Developing a standards-based assessment system*. WestEd, San Francisco.
- OECD (2004): *Problem solving for tomorrow's world. First measures of cross-curricular competencies from PISA 2003*. OECD, Paris.
- OECD (2006): *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*. OECD, Paris.
- OECD (2009): *PISA 2009 Assessment Framework. Key competencies in reading, mathematics and science*. OECD, Paris.
- Roazzi, A. és Bryant, P. (1993): Social class, context and development. In: Light, P. és Butterworth, G. (szerk.): *Context and cognition*. Erlbaum, Hillsdale, NJ. 14–27.
- Schneider, V. I., Healy, A. F., Ericsson, K. A. és Bourne, L. E. (1995): The effects of contextual interference on the acquisition and retention of logical. In: Healy, A. F. és Bourne, L. E. (szerk.): *Learning and memory of knowledge and skills. Durability and specificity*. Sage Publications, London. 95–131.
- Snow, C. E. és Van Hemel, S. B. (2008, szerk.): *Early childhood assessment*. The National Academies Press, Washington DC.
- Tulving, E. (1979): Relation between encoding specificity and levels of processing. In: Cemark, L. S. és Craik, F. I. M. (szerk.): *Levels of processing in human memory*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale.
- Vidákovich Tibor (2002): Tudományos és hétköznapi logika: a tanulók deduktív gondolkodása. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest, 201–230.
- Waddington, D., Nentwig, P. és Schanze, S. (2007, szerk.): *Making it comparable. Standards in science education*. Waxmann, Münster.

5.

Részletes tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez

Korom Erzsébet

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Nagy Lászlóné

Szegedi Tudományegyetem Biológiai Szakmódszertani Csoport

B. Németh Mária

MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport

Radnóti Katalin

Eötvös Loránd Tudományegyetem Anyagfizikai Tanszék

Makádi Mariann

Eötvös Loránd Tudományegyetem Természetföldrajzi Tanszék

Adorjánné Farkas Magdolna

Arany János Általános Iskola és Gimnázium, Budapest

Revákné Markóczi Ibolya

Debreceni Egyetem Biológia Szakmódszertani Részleg

Tóth Zoltán

Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Csoport

Csíkó Csaba

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Wagner Éva

Deák Diák Általános Iskola, Budapest

A természettudomány részletes tartalmi kereteinek felépítése követi az elméleti fejezetek logikáját; tagolását a természettudományos tudás diagnosztikus mérésének szempontjai (tanulás dimenziói, évfolyam, tartalom) határozzák meg (4.1. ábra). A fő szervezőelvet a tanulás dimenziói, a tanulási célok (pszichológiai, alkalmazási, diszciplináris) jelentik. A pszichológiai elveket, a természettudományos gondolkodás fejlődését kiemelő alfejezet került az első helyre, ezzel hangsúlyozva az értelmi fejlődés elősegítésének, a gondolkodás fejlesztésének fontosságát, melyben a természettudomány tanulásának kiemelt szerepe lehet. A második alfejezet a természettudományos tudás alkalmazásának értékelési szempontjait mutatja be. A harmadik alfejezet a természettudományos tudás értékelésének diszciplináris elveit, a szaktudományok rendszerét, logikáját követő tartalmi elemeket foglalja magában. Mindhárom alfejezetben megjelenik az életkori sajátosság mint az értékelés második lényeges szempontja. Ugyanakkor a tanulók közötti jelentős különbségek miatt az egyes tartalmi elemek, gondolkodási műveletek életkori szakaszokhoz, évfolyamokhoz való hozzárendelése csak hozzávetőleges lehet. A harmadik szempont mindhárom alfejezetben a szaktudományi tartalom.

A diszciplináris tudás közvetítése mellett a természettudományos nevelés alapvető céljának tartjuk a szemléletformálást, olyan összefüggések, alapelvek felismerésének, megértésének elősegítését, amelyek a természettudományos műveltség alapját képezik, és megalapozzák az élő és élettelen természetről mint rendszerről való gondolkodást. A természettudományos alapfogalmak, összefüggések, a tudományos megismerés módszerei valamennyi természettudományos tantárgyhoz kapcsolódnak, a különböző diszciplináris tartalmak tanulása során fokozatosan, hosszú évek alatt kristályosodnak ki. Leírásuk segíti a természettudományok átgondoltabb, tudatosabb közvetítését, a tananyag egyes témakörei közötti kapcsolatteremtést, a konkrét tapasztalatok, megfigyelések általánosítását, és szempontot ad a követelmények kidolgozásához, a tudás diagnosztikus értékeléséhez. A Nemzeti alaptanterv (2007) és a természettudományos nevelés céljaira vonatkozó nemzetközi szakirodalom alapján a következő alapfogalmakat, összefüggéseket, témákat emeljük ki.

ANYAG: Az anyag a természettudományok alapfogalma, a természettudományos diszciplinák közül elsősorban a fizika és a kémia foglalkozik

az anyagok szerkezetének, jellemzőinek, állapotainak és változásainak leírásával, de a biológia és a földrajz számos témaköre is hozzájárul az anyagokról szerzett tudás gazdagodásához. Az anyagokkal kapcsolatos tananyag az 1–6. évfolyamon az anyagfajták megkülönböztetésére, az anyagok tulajdonságaira, a halmazállapotok jellemzésére vonatkozik. Megalapozza az anyagok csoportosításának, az anyagok állapotainak és változásainak későbbi megértését és számos más alapelv felismerését (például az anyagnak különböző fajtái vannak; az anyagok sajátos szerkezettel és tulajdonságokkal rendelkeznek; az élő, élettelen természet és a mesterséges környezet egyaránt anyagokból áll).

ENERGIA: Az energia absztrakt fogalom, a természettudományos képzés kezdeti szakaszában tapasztalati szintű megalapozása történik. A tanulók hétköznapi szituációk, jelenségek kapcsán neveznek meg energiafajtákat (elektromosság, fény), illetve energiaforrásokat. Példákon keresztül jutnak el az energia fogalmával kapcsolatos alapelvek elemi szintű értelmezéséhez: az energiának számos formája van és számos formába át tud alakulni; minden változáshoz, működéshez, így az élő szervezet működéséhez is energia szükséges; a Föld számára a Nap az alapvető energiaforrás.

SZERKEZET ÉS MŰKÖDÉS: A természettudományok tanulásában alapvető a dolgok szerkezete, struktúrája és működése, funkciója közötti összefüggések felismerése. A tananyag számos lehetőséget kínál arra, hogy példákon keresztül a tanulók már kisiskolás korukban eljussanak néhány egyszerűbb összefüggés általánosabb formában való megfogalmazásához.

RENDSZEREK ÉS KÖLCSONHATÁSOK: A természettudományokra általánosan jellemző a rendszerszemléletű megközelítés. A tanulmányok során fokozatosan alakul ki a különböző szerveződési formák, szintek közötti viszonyok felismerése, a rendszerek közötti és a rendszeren belüli kölcsönhatások, szabályozási, információátadási folyamatok megértése, a zárt és a nyílt rendszer fogalma.

ÁLLANDÓSÁG ÉS VÁLTOZÁS: A természettudományok tanulásának alapvető feltétele a térben, időben való tájékozódás, a rendszerek és elemeik állapotainak, változásainak jellemzése, a rendszeren belüli és a rendszerek közötti folyamatok időbeli változásának megértése, az anyag- és energiamegmaradás törvényének ismerete.

TUDOMÁNYOS MEGISMERÉS: A természettudományos tudás részét képezi a tudományról, annak működéséről, a tudás keletkezéséről, a tudomá-

nyos megismerés módjairól való tudás, valamint az empirikus vizsgálatokhoz, a modellalkotáshoz, a tudás adaptivitásának teszteléséhez szükséges készségek és képességek. A tudományos megismerés módszerei közül kisiskoláskorban elsősorban a megfigyelés, a vizsgálat, a kísérletezés fordul elő, a tanulók megismerkednek néhány alapvető eljárással (pl. becslés, mérés, viszonyítás, megfigyelési szempontok kiválasztása, kérdések megfogalmazása, hipotézisalkotás, a vizsgálat megtervezése, adatgyűjtés, az adatok értékelése, értelmezése, prezentálása).

TUDOMÁNY, TÁRSADALOM ÉS TECHNIKA: A tudomány, társadalom, technika bonyolult kapcsolatrendszerének, összefüggéseinek felismerése, megértése, kritikus megközelítése kiemelten fontos eleme a természettudományos műveltségnek, feltétele a felelős állampolgári létnek. A természettudományos kutatások társadalmi jelentőségének, hatásainak tárgyalása, egyszerű technológiai folyamatok megismerése, a fenntarthatósággal, a környezetvédelemmel, az állampolgári felelősséggel kapcsolatos kérdések, problémák felvetése már elemi szinten is lehetséges a tanulók tapasztalataihoz, tudásához, érdeklődéséhez igazodva.

Az alapfogalmak, összefüggések támpontként szolgálnak a szaktudományi tartalmak rendszerezése során, valamint segítik a gondolkodásfejlesztést és a tudásalkalmazás kialakulását. A tudományos megismerés módszereit a gondolkodásfejlesztésről szóló alfejezetben, a tudomány, társadalom és technika közötti kapcsolatokat a természettudományos tudás alkalmazás mérését bemutató alfejezetben tárgyaljuk részletesen. Mindhárom alfejezetben az egyes tudáselemek fejlesztésének, értékelésének lehetőségeit a szövegbe ágyazott feladatok, feladatvázlatok illusztrálják. Azt, hogy az egyes feladatok mely dimenzióhoz köthetők, kódok jelzik: G = gondolkodási, A = alkalmazási, D = diszciplináris.

A gondolkodás fejlesztése és diagnosztikus értékelése a természettudományokban

A gondolkodási képességek szinte bármely természettudományos tartalomon fejleszthetők és vizsgálhatók, kezdetben manipulatív és képi megjelenítéssel, később formális tartalmakon keresztül is. Ebben az alfejezetben elsősorban a gondolkodási képességek fejlettségének természettudományos tartalmakon történő diagnosztizálásához adunk támpontokat, követve az első fejezetben megadott, a természettudományok tanulása szempontjából kiemelkedő fontosságú gondolkodási műveletek, képességek körét, s utalunk a fejlesztés lehetőségeire is. A gondolkodási képességek külön alfejezetekben történő tárgyalása nem jelenti azok egymástól való függetlenségét, az egyes elemek összefüggnek egymással, egymásra épülnek. Mivel különböző megközelítésből, eltérő szempontok szerint csoportosíthatók, átfedések lehetségesek, vannak olyan műveletek, amelyek több helyre is besorolhatók. Például az összehasonlítás, tulajdonságok és relációk közötti hasonlóságok és különbségek felismerése nemcsak az induktív gondolkodásnak, hanem a rendszerezési képességnek is része.

Konzerváció (megmaradás)

Az anyagi tulajdonságok megismerésének feltétele az anyagállandóság felismerése, az adott körülmények között állandó és változtatható tulajdonságok elkülönítése, a változások megfordíthatóságának értelmezése. Körülbelül az 1–2. évfolyamra esik az a fejlődési fázis, amikor a tanulók a műveletek előtti szakaszból átlépnek a konkrét műveletek szakaszába. A műveletek előtti szakaszra a műveletek összerendezetlensége jellemző, ami a gondolkodás olyan sajátosságait eredményezi, mint a centráció (a gyermek csak egy dologra figyel), valamint az egyirányú gondolkodás. A gyermek nagyjából 7 éves korig nem tudja megválasztani a gondolkodás irányát, az egy irányban tanult folyamatot nem tudja visszafordítani. Piaget kutatásai szerint az anyagmegmaradás 7-8, a súlymegmaradás 9-10, a tárgy elmerülésével kiszorított vízzel mért térfogat megmaradása 10-11, a téri állandóság 11 éves kor körül alakul ki. A diagnosztikus mérés során az 1–2. évfolyamon alkalmazhatók az anyag-, térfogat-, súlymeg-

maradásra vonatkozó klasszikus konzervációs feladatok. A 3–4. évfolyamon két vagy több tulajdonság együttes elemzését is kérhetjük (*G1. feladat*).

G1. feladat

A pohárból a tejet átöntjük a tálba. Melyik állítás igaz?



A tejnek...

- a térfogata és az alakja is megváltozik.
- csak a térfogata változik meg, az alakja nem.
- csak az alakja változik meg, a térfogata nem.
- sem az alakja, sem a térfogata nem változik meg.

G2. feladat

Az üveggolyót áttesszük a kisebb pohárból a nagyobbba. Melyik állítás igaz?

Az üveggolyónak...

- a térfogata és az alakja is megváltozik.
- csak a térfogata változik, az alakja nem.
- csak az alakja változik, a térfogata nem.
- sem az alakja, sem a térfogata nem változik.

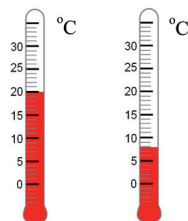


Az anyagok változásainak megértésében magasabb szint annak felismerése, hogy a körülmények hatására (pl. melegítés, hűtés) bizonyos tulajdonságok megváltoznak, mások nem (*G3. feladat*), illetve vannak olyan folyamatok, amelyek megfordíthatók – az eredeti anyagok visszanyerhetők – és vannak olyanok, amelyek nem (*G4. feladat*).

G3. feladat

Kati kíváncsi volt, hány fok van kint, ezért a hőmérőt kivitte a szobából az erkélyre. Pár perc múlva az ábrán látható változás történt. Melyik tulajdonsága változott meg a hőmérőben lévő folyadéknak?

tömege térfogata alakja sűrűsége



G4. feladat

Megfordíthatók-e a következő változások? Válaszodat indokold!

A tűzfát elégetjük.

A sajtot lereszeljük.

A cukrot feloldjuk a teában.

A vizet felmelegítjük.

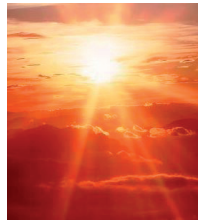
Rendszerezési képesség

A rendszerezési képesség matematikai alapját a halmazokkal és a relációkkal kapcsolatos műveletek képezik. A környezet- és természetismeret tananyag leíró jellegű, ezért számos lehetőség van az egyes élőlények, dolgok, jelenségek adott szempontok szerinti jellemzésére. A jellemzés szempontjai az összehasonlítás szempontjai is lehetnek.

A rendszerezési képesség fejlődésének alapja az ÖSSZEHASONLÍTÁS, a dolgok hasonlóságának és különbségének megállapítása, kezdetben egy, majd több szempont alapján (pl. a ló és szarvasmarha összehasonlítása testfelépítés, táplálkozás szerint). Összehasonlítást kérhetünk úgy is, hogy nem adunk szempontot, a tanulóra bízunk annak megválasztását (*G5. feladat*). Magasabb évfolyamokon a tanulók a szempontok egymásra vonatkoztatására is képesek.

G5. feladat

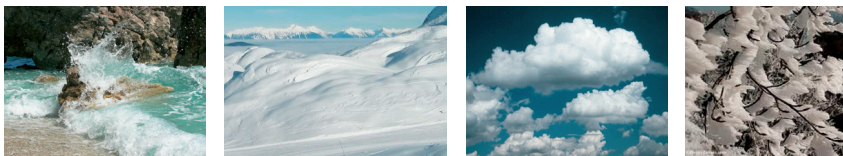
Miben hasonlítanak és miben különböznek a képeken látható jelenségek?



A BESOROLÁS során már nem két dolgot, hanem egy dolgot és egy tulajdonságegyüttest hasonlítunk össze. A tulajdonságegyüttes egy halmazt definiál. A besorolás legegyszerűbb esete, amikor arról kell dönteni, hogy egy adott dolog beletartozik-e egy halmazba. Például: Rovar-e a káposztalepke? Miért? Ennek fordítottja, ha a dolgok közös tulajdonságait kell megkeresni, majd megadni a kategória nevét, ami nehezebb feladat (*G6. feladat*). Bonyolultabb a besorolás, ha a megadott dolgokat két vagy több halmazba kell sorolni. Először célszerű megnevezni a kategóriákat és kerülni a metszethalmazokat, később kérhetjük a halmazok megnevezését is, ami könnyíthető az egyik halmaz elemének megadásával (*G7. feladat*).

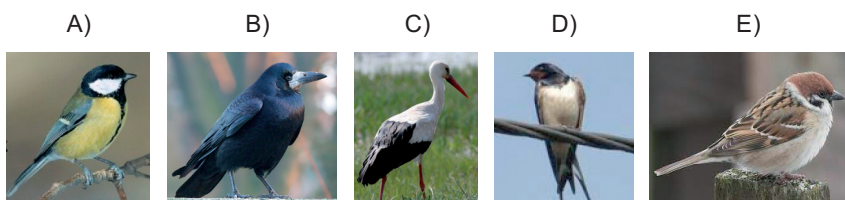
G6. feladat

Figyeld meg a fényképeket! Adj olyan közös címet a négy képnek, amely kifejezi a közöttük lévő hasonlóságot! Fogalmazz meg néhány mondatos magyarázatot a címhez!



G7. feladat

Csoportosítsd a képeken látható madarakat a megadott példa alapján! Nevezd meg a csoportokat!



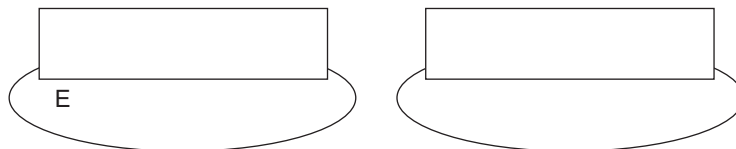
széncinege

vetési varjú

fehér gólya

füstifecske

házi veréb

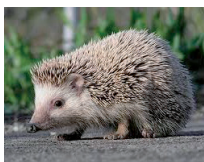


A SORKÉPZÉS a dolgok közötti viszonyok alapján történő rendezésre épül; a rendezési viszony felismerését igényli; lehet például időbeli, térbeli, számosság, mérték szerinti sor. A sorképzés feltétele a relációkat kifejező szavak (pl. előtte, utána, előtt, mögött, alatt, fölött, több, kevesebb, kisebb, nagyobb) jelentésének elsajátítása. A sorképzés számos tartalomra fejleszthető (pl. azonos térfogatú tárgyak sorba rendezése tömegük alapján sűrűségábrázolás segítségével; táplálkozási kapcsolatok, táplálékláncok összeállítása; idő- és térbeli sorok képzése; folyamatok, tevékenységek lépéseinek sorba rendezése). Az 1–2. évfolyamon alapozhatunk a tanulók tapasztalati tudására a nagyság szerinti sorrend megalkotásánál (G8. feladat). A 3–4. évfolyamon mérhetjük egyszerű hétköznapi tech-

nológiai sorok ismeretét, a történések időrendi sorrendjének felismerését (*G9. feladat*), az 5–6. évfolyamon a rész-egész viszony szerinti rendezést (*G10. feladat*).

G8. feladat

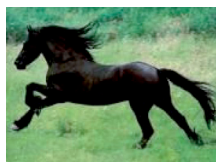
Rakd sorba az állatokat annak alapján, hogy mekkora a legnagyobb sebességük!



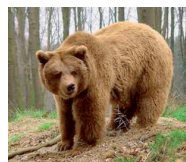
sün



gepárd



ló



medve

G9. feladat

Hogyan jut a paprika a kertből a piacra? Rakd sorba a történéseket!



G10. feladat

Mi minek a része? Helyezd az ábra megfelelő helyére a növényi részek nevét!

termő növény magkezdemény virág



A rendszerezési műveleteket lehet kombinálni a tananyaggal kapcsolatos egyéb tevékenységekkel, erre példa a *G11. feladatban* a térképhasználat.

G11. feladat

Rendezd sorba a négy hegycsúcsot a tengerszint feletti magasságuk szerint! A legalacsonyabb legyen az első! Használd az atlaszod!

..... Kibo Elbrusz Aconcagua Etna

A besorolás és a sorba rendezés együtt is alkalmazható. Már az 1–2. évfolyamon is mérhető, ha az elemek rendezését vizuálisan segítjük (G12. feladat).

G12. feladat

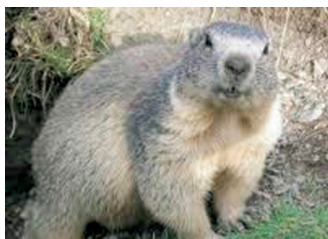
Egy évben négy évszak van. Minden évszak három hónapig tart. Csoportosítsd a hónapokat az évszakoknak megfelelően úgy, hogy azok időrendben kövessék egymást!

december	június	augusztus	február
szeptember	április	november	július
március	október	május	január
ősz:			
tél:			
tavas:			
nyár:			

Az ÁLTALÁNOSÍTÁS vagy HALMAZKÉPZÉS a dolgok összehasonlítása révén a közös tulajdonságok felismerését (G13. feladat) és azok alapján halmaz alkotását jelenti. Ez egyben lehetővé teszi a besorolás műveletének működését.

G13. feladat

Az alábbiakban néhány rágcsáló tulajdonságait írtuk le. Keresd meg a rágcsálók közös tulajdonságait!

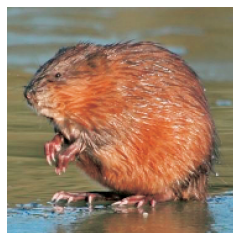


HAVASI MORMOTA

Közel 70 cm nagyságú, zömök testű állat, farka kb. 15 cm hosszú. 6-7 hónapon át téli álmot alszik. Elsősorban lágyszárú növények fiatal hajtásaival, levelekkel, virágokkal és gyümölcsökkel táplálkozik. Felső és alsó állkapcsában is egy pár metszőfog található, melyek állandóan nőnek. A nőstény legfeljebb hét csupasz kölyköt hoz a világra.

PÉZSMAPOCOK

Teste 20-27 cm hosszú, farka lapított, pikkelyes. Hátsó lábán úszóhártya található. Nem alszik téli álmot. Tápláléka főleg vízínövényekből áll, de kagylókat, békákat, halakat és állati dögöket is fogyaszt. Felső és alsó állkapcsában is egy pár metszőfog van, melyek állandóan nőnek. Egy-egy alkalommal 5-6, de akár 11 utódot is világra hozhat.



VÍZIDISZNÓ

A kifejlett példányok testhossza elérheti a 130 cm-t, farka szinte alig van. Lábujaik között kicsi úszóhártyák találhatók. Elsősorban vízínövényekkel, levelekkel, fakéreggel, magvakkal és füvekkel táplálkozik. Felső és alsó állkapcsában is egy pár metszőfog van, melyek állandóan nőnek. Utódainak száma 2-8, akik a születés után azonnal követik anyjukat.



AZ OSZTÁLYOZÁS részhalmazok összefüggő rendszerének létrehozását eredményezi. Ez a művelet a rendfelismerés és a sorképzés művelete nélkül nem működik. Az osztályozás történhet egy (G14. feladat) vagy több szempont alapján, továbbá a szempontok egymásra is vonatkoztathatók, azonban ez utóbbi két művelettípus alkalmazása a 6. évfolyam után várható el.

G14. feladat

Sorold két csoportba az energiaforrásokat! Nevezd meg a csoportosítás szempontját!



Nap



víz



szél



kőolaj



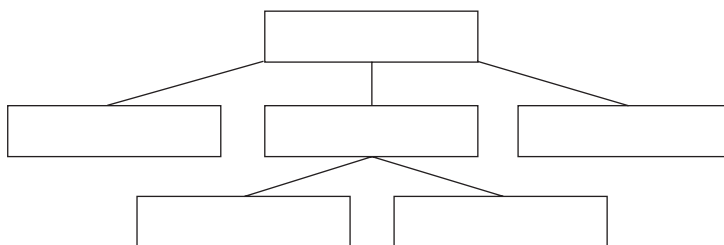
szén

Az osztályozás műveletének fejlődését segíti, ha az osztályozás eredményeként kapott rendszereket fagráfok, Venn-diagramok, táblázatok alkalmazásával szemléletessé tesszük. Ezek az ábrázolási módok mérésre is használhatók kiegészítő feladatok formájában. A hierarchikus osztályozás eredményeként többszintű rendszerek hozhatók létre (G15. feladat). A hierarchikus osztályozás a természettudományokban alapvető művelet.

G15. feladat

Rendszerezd az ízeltlábúakat! Töltsd ki az ábrát a szöveg alapján!

Az ízeltlábúak az állatvilág legnépesebb csoportja. Közéjük tartoznak a rákok, a rovarok és a pókok. A kitines fedőszárnyal rendelkező rovarokat bogaraknak nevezzük. A pödörnyelvvvel rendelkező lepkék is rovarok.

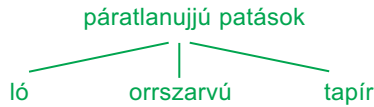


A DEFINIÁLÁS a halmazba sorolást leíró szabály megalkotása, megfogalmazása egy mondatlall. A fogalomalkotás tanítása az 1–2. és a 3–4. évfolyamon nem törekszik feltétlenül a tudományos definíció megfogalmazására, gyakoribb a példák megadása és az általánosítás elősegítése a közös jellemzők összegyűjtésével (pl. a gázok tulajdonságainak megfi-

gyelése, vizsgálata). A definiálás az 5–6. évfolyamon kérhető, ha megadjuk a besoroló jegyeket és azt a kategóriát, amelyik alá a definiálandó fogalom tartozik (*G16. feladat*).

G16. feladat

Milyen állat a tapír? Fejezd be a mondatot az ábráról leolvasható információ és a megadott tulajdonságok alapján!



TULAJDONSÁGOK

trópusi esőerdőkben él, éjszaka aktív, nővényevő, érzékeny, mozgatható ormánya van

A tapír olyan, amely.....

Kombinatív képesség

A kombinatív képesség a meglévő információk alapján a lehetőségek számbavételével hoz létre új tudást. Funkciója az összes lehetőség számbavétele, felsorolása; a szokatlan kapcsolatok felszínre hozása (pl. különböző rendszerezési, csoportosítási szempontok kombinálása), a létező, a lehetséges és az elgondolható megkülönböztetése; teljes rendszerek képzése. Műveletei közé tartozik a Descartes-féle szorzatok képzése, ismétléses és ismétlés nélküli variációk képzése, az összes ismétléses variáció képzése, ismétléses kombinációk képzése, ismétlés nélküli kombinációk képzése, ismétléses és ismétlés nélküli permutációk képzése, az összes részhalmaz képzése. A kombinatív képesség műveleteinek kialakulásához az osztályozás és a sorba rendezés műveletének általánosítása szükséges.

Az 1–6. évfolyamig tartó szakaszban a feladatok megoldására a véletlenszerű próbálgatás jellemző. Mivel a gyerekek még nem rendelkeznek algoritmusokkal a lehetőségek szisztematikus keresésére, az összes lehetőség megtalálása esetleges. A kombinatív képesség fejlődésére vonatko-

zó vizsgálatok jelzik, hogy az azonos szerkezetű, de képi és formális tartalommal egyaránt megjelenő feladatok esetében a képi feladatoknál várható magasabb teljesítmény, a feladatban megjelenő szituáció elképzelése segíti a megoldást. Az algoritmusok felismerése és következetes alkalmazása csak később, 13 éves kor körül, a formális gondolkodás kialakulásával jelenik meg.

A kombinatív képesség fejlesztése, vizsgálata természettudományos tartalmakon már kisiskolás korban is megvalósítható. A feladatok egyszerű, konkrét szituációkhoz kötődnek; képekkel illusztráltak; kevés, a rövid távú memóriában könnyen megtartható elemet tartalmaznak. A lehetőségek megadása manipulatív vagy rajzos formában is történhet, például a *G17. feladatban*, amellyel az ismétlés nélküli variálás, adott halmazból meghatározott számú rendezett részhalmazok kiválasztása mérhető.

G17. feladat

Környezetismeret-órára a gyerekek terméseket hoztak: gesztenyét, diót és makkot. Egy órán csak **két különböző** termés megvizsgálására van idő. Rajzold le az **összes lehetséges sorrendet**, amelyben megvizsgálhatják a gyűjtött terméseket!



gesztenye



dió



makk

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--

A környezettudatos magatartás fejlesztéséhez kapcsolódik a *G18. feladat*, amely a permutálást, adott halmaz elemeinek sorba rendezését méri.

G18. feladat

Az iskola tanulói szemétgyűjtést szerveztek a faluban. A másodikosoknak **három területet** kellett megtisztítani: patakpart, hulladékgyűjtő környéke, játszótér. **Milyen sorrendben** végezheték a munkát?

Add meg az összes lehetőséget! Betűjelekkel dolgozz!

patakpart (P)	hulladékgyűjtő környéke (H)	játszótér (J)									
<table border="1"><tr><td>P</td><td>H</td><td>J</td></tr></table>	P	H	J	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			
P	H	J									
<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			
<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			

A *G19. feladat* az egészséges táplálkozás témaköréhez kapcsolódik, és ismétlés nélküli kombinációk képzését kéri.

G19. feladat

Zoli családja egészségesen táplálkozik, mindig van otthon gyümölcs. A héten banánt, narancsot, almát és körtét vásároltak. Zoli **kétféle** gyümölcsöt csomagol belőlük tízóraira. **Melyik kettőt** viheti magával? Add meg az összes lehetőséget! Betűjelekkel dolgozz!

banán (B)	narancs (N)	alma (A)	körte (K)								
<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>		
<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>		

A gondolkodási képesség fejlettségén túl a tantárgyi tudás is mérhető az olyan feladatokkal, amelyekben a kombinatív képesség valamely elemét működtető feladatelemet (pl. a *G20. feladatban* a kombinálást) tantárgyi ismeretekre épülő kérdéssel egészítjük ki.

G20. feladat

Tamás, Anna, Bence és Csaba kimentek a játszótérre mérleghintázni. **Mindeki mindenkivel** hintáztak. Sorold fel az összes lehetséges párt! Betűjelekkel dolgozz!

Tamás (T)		Anna (A)		Bence (B)		Csaba (Cs)	
T	A	T	B				

A gyerekek eltérő tömegűek. Melyik párosnak ment a legkönnyebben a hintázás?

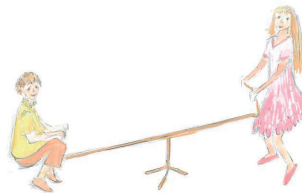
A gyerekek tömege a következő:

Tamás: 56 kg

Anna: 42 kg

Bence: 63 kg

Csaba: 57 kg



Kombinatív gondolkodás szükséges a kísérletek tervezésekor a változók értékeinek kombinálásához, a különböző kísérleti feltételek meghatározásához. Erre példa a *G21. feladat*.

G21. feladat

A fény és a víz növények fejlődésére gyakorolt hatását vizsgáljuk. Feltételezzük, hogy a növényeknek az életben maradáshoz fényre és vízre is szükségük van. Van négy cserép búzánk. Milyen körülmények között kell tartanunk az egyes növényeket, hogy a feltételezést igazolni tudjuk? Karikázd be a megfelelő környezeti feltételek nevét az egyes növények alatt!



fény – víz



fény – víz



fény – víz



fény – víz

Deduktív gondolkodás

A deduktív és az induktív gondolkodást gyakran értelmезik egymással párhuzamba állítva. Míg deduktív úton csak azt tudjuk kifejeteni más formában, ami már a kiinduló információkban (premissákban) benne van, így nem juthatunk alapvetően új tudáshoz, addig induktív úton új tudás birtokába juthatunk.

A deduktív gondolkodás elemeinek (pl. a klasszikus kétértékű logika műveletei, következtetések, kvantorok) gyakorlása segíti a tananyag, a tudományos szaknyelv elsajátítását, az eredményes hétköznapi kommunikációt, az érvelés, a cáfolás megtanulását. Az empirikus vizsgálatok eredményei szerint a logikai képességek fejlődése nagyobb részben a serdülőkor előtt megy végbe, ezért a kisiskoláskorban történő fejlesztés kiemelten fontos. A KÉTVÁLTOZÓS MŰVELETEK közül a kapcsolás (*G22. feladat*) és a választás (*G23. feladat*) elősegíti az „és”, a „vagy” kötőszavak logikai jelentésének elsajátítását, ami feltétele például a fogalmi jegek közötti logikai kapcsolatok felismerésének, a definíciókban a jegek kapcsolására használt kötőszavak helyes használatának. Az ekvivalencia műveletének megértése lényeges szerepet játszik a későbbi tanulmányok során a fogalom neve és a jegystruktúra közötti logikai kapcsolat felismerésében és nyelvi megjelenítésében.

G22. feladat

Az iskolai papírgyűjtésre mozgósító plakáton ez a mondat szerepelt:

VÁLOGASSÁTOK SZÉT A PAPIRT ÉS KÖSSÉTEK ÖSSZE!

Karikázd be annak az állításnak a betűjelét, amelyikben a felhívásnak megfelelően kezelték a papírt! Húzd át annak a betűjelét, amikor nem a felhívásnak megfelelően kezelték!

- A) Szétválogatták a papírt, de nem kötötték össze.
- B) Nem válogatták szét a papírt és nem kötötték össze.
- C) Szétválogatták a papírt és össze is kötötték.
- D) Nem válogatták szét a papírt, de összekötötték.

G23. feladat

Szakkörön a kristálycukor tulajdonságait vizsgálta négy (A, B, C, D) csapat. A kristálycukor kémcsőben való olvasztása és vízben oldása egyaránt egyszerű, könnyen elvégezhető kísérlet. A feladatkártyán ezt az utasítást olvasták: Minden csapat pontosan egy kísérletet végezzen el a kristálycukorral:

VAGY OLVASSZÁK, VAGY OLDJÁK A CUKROT!

Karikázd be annak a csapatnak a betűjelét, amelyik betartotta az utasítást! Húzd át annak a betűjelét, amelyik nem!

- A) A cukrot olvasztották és oldották is.
- B) A cukrot olvasztották, de nem oldották.
- C) A cukrot nem olvasztották, de oldották.
- D) A cukrot nem olvasztották és nem is oldották.

A kétváltozós kijelentéslogikai műveletek közül az ekvivalencia és az implikáció (megfordítható és nem megfordítható állítások) helyes értelmezése a legnehezebb. A tanulók többsége még az iskoláztatás végén is azonosként kezeli e két műveletet, illetve gyakran mindkettőt konjunkcióként („és” műveletként) értelmezi. Ugyanakkor ezek a műveletek egyszerű, a tanulók mindennapi életéből vett szituációkhoz kötődően már kisiskoláskorban is fejleszthetők (pl. *G24. feladat*).

G24. feladat

Nyáron az UV-sugárzással kapcsolatban naponta hallhatók és olvashatók hírek. Tudjuk, hogy a káros UV-sugarak ellen védekeznünk kell. Évi egyik délután napozni szeretett volna. Édesanyja azt mondta neki, hogy

CSAK AKKOR NAPOZHATSZ, HA NAPVÉDŐ KRÉMET HASZNÁLSZ!

Karikázd be annak a kijelentésnek a betűjelét, amikor Évi betartotta az édesanyja utasítását! Húzd át annak a betűjelét, amikor nem!

- A) Évi napozott és használt napvédő krémet.
- B) Évi napozott és nem használt napvédő krémet.
- C) Évi nem napozott és használt napvédő krémet.
- D) Évi nem napozott és nem használt napvédő krémet.

A KÖVETKEZTETÉS a feltételképzés – a „ha... , akkor” és az „akkor és csak akkor..., ha” nyelvi elemek – alkalmazásával képzett összetett mondatok értelmezését igényli. Az előrelépő és a visszalépő következtetés (G25. feladat) egyaránt a feltételképzés műveletét használja: az első az előtag megerősítésével, a második az utótag tagadásával.

G25. feladat

Következtess az állításból! Fejezd be a mondatokat!

Ha a levegő szennyezett, akkor már nyár elején részben vagy teljesen elszáradnak a fák levelei. A vadgesztenye levelén nyár elején nem találunk száraz foltokat, tehát...

Ha a hőmérséklet fagypont alá süllyed, akkor a víz megfagy. A víz nem fagyott meg, tehát...

Ha a gerinces állat madár, akkor testét toll borítja. A mókus testét nem borítja toll, tehát...

A lánckövetkeztetés (G26. feladat) két feltételes állításra épül, ahol az első állítás utótagja és a második állítás előtagja azonos. A következtetési feladatok tartalmának megválasztásakor fontos szempont lehet, hogy a tanult ismeretek közötti kapcsolatokat megerősítsék, illetve új kapcsolatok felismerését támogassák a feladatok.

G26. feladat

Folytasd a megkezdett mondatot!

Ha a dombvidéken kiirtják a növényzetet, akkor a csapadék lehordja a talajt. Ha a csapadék lehordja a talajt, akkor csak a völgyekben lehetséges a növénytermesztés. Tehát, ha a dombvidéken kiirtják a növényzetet, akkor...

A kvantorok feladataiban a „minden” és a „van olyan” jelentésű nyelvi szerkezeteket és szinonimáikat kell alkalmazni (G27. feladat).

G27. feladat

A következő feladatokban azt kell eldöntened, hogy mire következtethetünk a feladatok elején olvasható nagybetűs kijelentés alapján.

Karikázd be azoknak a következtetéseknek a betűjelét, amelyek valóban következnek a nagybetűs kijelentésből! Húzd át azokat, amelyek nem következnek a nagybetűs kijelentésből!

A MADARAK TOJÁSSAL SZAPORODNAK, ...

- A) tehát minden madár tojással szaporodik.
- B) tehát van olyan madár, amelyik tojással szaporodik.
- C) tehát van olyan madár, amelyik nem tojással szaporodik.
- D) tehát nincs olyan madár, amelyik tojással szaporodik.
- E) tehát nincs olyan madár, amelyik nem tojással szaporodik.
- F) tehát egyetlen madár sem tojással szaporodik.

A BÁLNA VÍZBEN ÉLŐ EMLŐS, ...

- A) tehát minden emlős vízben él.
- B) tehát van olyan emlős, amelyik vízben él.
- C) tehát van olyan emlős, amelyik nem vízben él.
- D) tehát nincs olyan emlős, amelyik vízben él.
- E) tehát nincs olyan emlős, amelyik nem vízben él.
- F) tehát egyetlen emlős sem vízben él.

Induktív gondolkodás

Az induktív gondolkodás a szabályfelismerésen és szabályalkotáson alapul. Mérésére leginkább a szó- és számanalógia-feladatok, a szám- és betűsorok, az átkódolásos és a kizárásos feladatok alkalmazása terjedt el. Az induktív feladatok megoldásához szükséges a szabályosság felismerése, majd egy megkezdett sorozat, analógia vagy mátrix folytatása, befejezése, a még hiányzó elem azonosítása. A kutatási eredmények szerint az induktív gondolkodásban a legintenzívebb fejlődés az 5–7., illetve a 6–8. évfolyamokra esik. Az induktív gondolkodás játékos feladatokkal már 6-7 éves korban is jelentősen fejleszthető, általános és természettudományos tartalmakon egyaránt.

A szabályfelismerés bonyolult művelete feltételezi a dolgok, jelenségek közötti hasonlóságok és különbségek felismerését. A hasonlóságok és különbségek felismerésének együttes alkalmazását, a KIZÁRÁS műveletét kéri a „kakukktójás” feladat. A kivétel kiválasztása mellett célszerű

kérni a válasz indoklását is, hogy kiderüljön, milyen szempont alapján döntött a tanuló. Gyakorlófeladatként alkalmazhatók olyan kizárásos feladatok is, amelyekben több szempont alapján adható jó megoldás. A feladatok nehézségét főként a tartalom befolyásolja, továbbá az, hogy a megadott fogalmak közös sajátossága mennyire ismerős, nyilvánvaló a diákok számára.

Az induktív gondolkodás diagnosztikus mérésére az 1–2. évfolyamon is alkalmazható a *G28. feladat*, melyben a hasonlóság szempontja (szín) könnyen azonosítható a képek alapján.

G28. feladat

Melyik nem illik a sorba? Miért?



A felsőbb évfolyamokon is segítik a képek a hasonlóságok és különbségek felismerését, mivel megjelenítik az összehasonlítandó dolgokat. A *G29. feladat* megoldása képet ad arról, hogy a tanulók ismerik-e a táplálékok felosztásának kategóriáit. A *G30. feladat* megoldásához az állatfajok megkülönböztető sajátosságainak ismerete szükséges.

G29. feladat

Melyik nem illik a sorba? Miért?



G30. feladat

Melyik nem illik a sorba? Miért?

tavi kagyló koronás keresztespók házi légy folyami rák

A kizárást folyamatokra is alkalmazhatjuk, például a *G31. feladatban* a víz halmazállapot-változásainak felismerését vizsgáljuk.

G31. feladat

Melyik nem illik a sorba? Indokold a választ!

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| A pocsolya kiszárad. | A faág zúzmarás lesz. |
| A korrát deresedik. | A folyó megárad. |

Az ÁTKÓDOLÁS példákon felismert művelet alkalmazását jelenti újabb konkrét esetben. Erre példa a *G32. feladat*.

G32. feladat

Melyik állat kerül a hiányzó helyre?

fehér gólya + vízisikló = erdei fülesbagoly

ló + házi veréb = májusi cserebogár

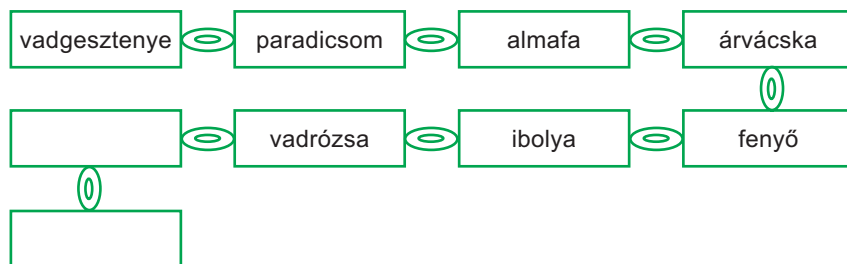
káposztalepke + mezei nyúl =

szarvasmarha folyami rák keresztespók házi légy

Főként a matematikában jelennek meg **SOROZATOK**, de természettudományos példákon is gyakorolhatók. A sorozatok képzéséhez néhány elem alapján a sorozat műveleti szabályának felismerésére és ezt alkalmazva további elemek előállítására van szükség. A *G33. feladatban* a szabály megtalálásához a fás és a lágyszár fogalmának ismerete és konkrét fajokra való alkalmazása szükséges.

G33. feladat

Folytasd két új taggal a növénynevekből álló sort!

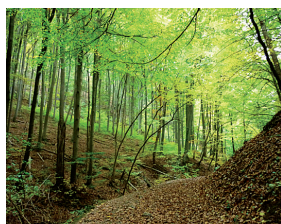


Analógiás gondolkodás

Az analógia az induktív gondolkodás fontos összetevője. Az analógiás gondolkodást tágabb értelemben összehasonlításra alapuló gondolkodásként, szűkebb értelemben elemek közötti hasonlósági relációkról való gondolkodásként értelmezik. A hasonlósági relációk vonatkoztathatók például terminusokra, alakzatokra, történetekre, problémákra, rendszerekre. Rendszerekre mutat példát a *G34. feladat*, az ökológiai rendszer elemi fogalmát teszi szemléletessé az erdő és egy többszintes lakóház közötti párhuzam révén.

G34. feladat

Az erdő hasonlít egy többszintes családi házhoz. Magyarázd meg, miért!



A relációknak számos típusa különböztethető meg, például halmazba tartozás, rész-egész, egész-rész, időrend, ok-okozat, okozat-ok, ellentét, szinonima, funkció, átalakulás, hely, azonos halmaz tagjai, funkcionális rész-egész. Ezeknek az összefüggéseknek a felismertetése valamennyi természettudományos témakör tanításának hangsúlyos célja.

Az analógiás gondolkodás fejlesztésére, mérésére alkalmazott feladatoknak számos típusa van, például szóanalógiák, számanalógiák, geometriai és képi analógiák, mondat-, illetve rajzkiegészítési feladatok, problémaanalógiák, metaforák. A felsoroltak közül területspecifikus tartalom leggyakoribbak a SZÓANALÓGIÁK, melyek a válaszadás módja szerint lehetnek feleletalkotók és feleletválasztásosak. A feleletalkotó feladatban megadjuk az egyik analógiapárt és a másik analógiapár egyik tagját, s a tanulónak kell kitalálnia a hiányzó analógiatagot. Az 1–2. évfolyamon ez lehet egy megkezdett mondat befejezése (*G35. feladat*), később alkalmazhatjuk a szóanalógia-feladatoknál megszokott formulát (*G36. feladat*).

G35. feladat

Egészítsd ki a mondatot!

Ami a lónak a csikó, az a medvének a...

G36. feladat

Add meg a kérdőjel helyére illő kifejezést az első két fogalom közötti összefüggés alapján!

tó : állóvíz = fennsík : ?

A feleletválasztásos feladatok esetében attól függően, hány elemű válaszalternatíva közül kell a helyeset kiválasztani, illetve az analógia hány eleme adott, többféle típus különböztethető meg. Általában 3-4 válaszalternatívát kínálunk fel. Megválasztásuknál ügyelni kell arra, hogy a megadott analógiaelemekkel olyan tartalmi vagy relációs kapcsolatban legyenek, amelyek lehetőséget adnak a tipikus hibák diagnosztizálására. Megadhatjuk az egyik analógiapárt és a másik analógiapár egy tagját (*G37. feladat*), az egyik analógiapárt (*G38. feladat*), illetve az egyik analógiapár egy tagját (*G39. feladat*). Minél kevesebb eleme adott az analógiának, annál nehezebb a feladat.

G37. feladat

Melyik szó illik leginkább a kérdőjel helyére?

fém : műanyag = szilárd : ?

vas folyadék fa halmazállapot

G38. feladat

Melyik fogalompár illik leginkább a kérdőjel helyére?

emlős : madár = ?

gerinces : állat

gomba : növény

madár : fészkek

növény : virág

G39. feladat

Mely kifejezések, összefüggések illenek leginkább a kérdőjel helyére?
betegség : ?

fertőzés = orvos : gyógyítás

egészség = jég : szilárd

nátha = szilva : alma

gyógyulás = tavasz : nyár

A fiatalabb gyermekek gyakran részesítik előnyben a tematikus összetartozást a kapcsolatok más formáival szemben. Például a madár : fészek = kutya : ? (ól, csont, másik kutya, macska) feladat esetében gyakran választják a csontot az ól helyett. Tudáshiány esetén a válaszadás kényszere később is elősegítheti a tematikus összetartozás alapján való válaszadást.

A szóanalógia-feladatok a gyakorlás során lehetőséget adnak arra is, hogy a fogalmak között lehetséges összefüggéstípusokat megismerjék és tudatosan alkalmazzák a tanulók. Ezt úgy érhetjük el, hogy a jó válasz megadásán túl megbeszéljük, miért nem helyes a többi válaszalternatíva.

Analógiákra épül a MODELLEK használata is. A természettudományokban különösen jelentős ezek alkalmazása, mivel számos olyan jelenséget tanítunk, amely közvetlenül nem megtapasztalható, a tanulók számára nehezen elképzelhető. Ilyen például a Föld forgása a saját tengelye körül. Ezt a mozgást szemléltethetjük a gyerekek által jól ismert játékkal, a bűgőcsigával. Mindemellett fontos, hogy a hasonlóság mellett a különbségekre is felhívjuk a tanulók figyelmét (G40. feladat).

G40. feladat

Miben hasonlít és miben különbözik a Föld és a bűgőcsiga mozgása?

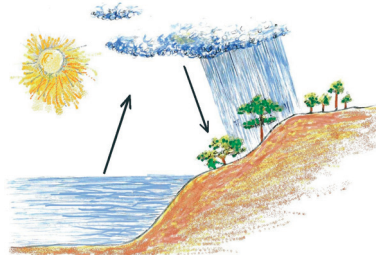


A modellezés révén kapcsolat teremthető a tanulók által ismert hétköznapi és egy természeti jelenség között. A G41. feladat alkalmazható, ha a tanulók már birtokában vannak a halmazállapot-változásokra vonatkozó elemi szintű fizikai ismereteknek; a G42. feladat a felszinformálódással, talajpusztulással kapcsolatos ismeretek meglétét feltételezi.

A modellek értelmezésekor azt mérjük, tudnak-e a tanulók párhuzamot vonni a jelenségek között, képesek-e azonosítani a két rendszer elemeit és a folyamatok lépéseit.

G41. feladat

Teát készítünk. Egy kannában vizet teszünk fel a tűzhelyre. Amikor felforrt a víz, leemeljük a kanna tetejét. Ha óvatlanok vagyunk, a kicsapó gőz megégeti a kezünket és lecsöpögtetjük a tűzhelyet. Hasonlítsd össze a teáskannában történeteket a természetben lejátszódó, az ábrán látható folyamattal!



Minek felel meg a valóságban...

- a tűzhely?
- a teáskannába zárt levegő?
- a kannában lévő víz?
- a kannából kicsapó gőz?
- a kanna fedélén lévő vízcsepp?

G42. feladat

A terepasztalon homokból hegyet építettünk. Az egyik oldalát lefedtük mohával, a másikat szabadon hagytuk. Vizet öntöttünk a hegy mindkét oldalára.

Milyen különbséget tapasztaltunk a mohával fedett és a homokfelszín között? Tedd ki a relációs jeleket!



A vízfolyás sebessége: mohával fedett felszínen ☐ homokfelszínen

A felszín pusztulása: mohával fedett felszínen ☐ homokfelszínen

Milyen természetvédelmi problémát modelleztünk?

Arányossági gondolkodás

Az arányossággal kapcsolatos készségek (arányszámítás, mértékváltás, egyenes és fordított arányosság felismerése, arányos osztás, százalékszámítás) és az arányossági gondolkodás fejlesztése a matematika tananyagának részét képezi, de rendkívül fontos szerepet játszik a természettudományos tantárgyakban és a mindennapokban is. Arányossági gondolkodás szükséges például a fizikai mennyiségek közötti kapcsolatok felismeréséhez (G43. feladat).

G43. feladat

Kockákat készítenek fából. Az egyik kocka térfogata kétszer akkora, mint a másiké. Melyik kockának nagyobb a tömege? Magyarázd meg, miért!



A fizikai mennyiségek közötti kapcsolatok megadása, a méréssorozattal nyert adatsorok között az egyenes és a fordított arányosság felismerése a 6. évfolyamon és az azt követő időszakban sem könnyű feladat, többféle szint jelenhet meg a tanulók gondolkodásában (lásd pl. *Zátonyi Sándor* vizsgálatai). A különböző nagyságú, azonos minőségű anyagdarabok tömegének és térfogatának összehasonlításában megjelenő első szint a kvalitatív szint: minél nagyobb a tömeg, annál nagyobb a térfogat. A második szintet a konkrét arányszámok megnevezése jelenti (ha kétszer nagyobb a tömeg, akkor kétszer nagyobb a térfogat is). A harmadik szint az arányszámok általánosítása (ahányszor nagyobb a tömeg, annyszor nagyobb a térfogat is); a negyedik az egyenes arányosság megnevezése (a tömeg és a térfogat között egyenes arányosság van). A G43. feladatban az 5–6. évfolyamon főként második szintű magyarázatok várhatók.

Bár az arányossági gondolkodás intenzív fejlődése a 7–11. évfolyamra tehető, elemei az 5–6. évfolyamon is fejleszthetők és mérhetők. Arányossági gondolkodásra van szükség például az oldatok összetételének meghatározásához, a levegő oxigéntartalma és a tengerszint feletti magasság közötti összefüggés megértéséhez vagy a méretarány értelmezéséhez térképolvasáskor (G44. feladat).

G44. feladat

Máté, Réka és Bence különböző méretarányú térképeken utazási célpontként fővárosunktól 10 cm távolságra lévő városokat jelölt meg. Melyik városba célszerű kerékpárral, autóval, repülővel eljutni? Válaszd ki mindegyik gyerek-nél a megfelelő közlekedési eszközt!

Tanulók	Méretarány a térképen	Célszerű közlekedési eszköz
Máté	1 : 1 500 000	kerékpár – autó – repülőgép
Réka	1 : 40 000	kerékpár – autó – repülőgép
Bence	1 : 11 600 000	kerékpár – autó – repülőgép

Az 5–6. évfolyamon végezhető olyan egyszerű kísérletek, amelyek alapján adatok közötti összefüggést tudnak megfigyelni a tanulók. Például megvizsgálhatják, hogyan függ a fotoszintézis mértéke a fényintenzitástól és a szén-dioxid-koncentrációtól.

Valószínűségi gondolkodás

A tudományos gondolkodás és a hétköznapi életben való tájékozódás egyaránt megkívánja valószínűségi döntések meghozatalát. A természettudományokban számtalan olyan jelenség létezik, amely valószínűségi összefüggésen alapul. A legtöbb olyan természeti folyamat kimenetele, amelyet sok tényező határoz meg, általában valószínűségi természetű (pl. ha elvetjük a magot, valószínűleg kikel; bizonyos időjárási körülmények egybeesése árvizet eredményezhet). Ez szükségessé teszi, egyben lehetőséget is kínál arra, hogy az iskolai oktatás kezdetétől beépüljön a természettudományok tanításába a valószínűséggel kapcsolatos fogalmak megismertetése. A véletlenszerűség felismeréséhez szükség van a dolgok összefüggésének vagy függetlenségének ismeretére. *Piaget* megfigyelései szerint a kisebb gyermekek nem rendelkeznek ezekkel a képességekkel. Az események okainak megértését, két esemény véletlen előfordulásának felismerését is tanulniuk kell. *Piaget* szerint a műveletek előtti szinten a gyerekek ellentmondásosan viszonyulnak a véletlenhez. Úgy gondolják, hogy hasonló feltételek között a jelenségek mindig ugyanúgy játszódnak le; ha mégis ingadozást tapasztalnak, tagadják a jelenségek azonosságát. 7-8 éves kor körül már nem csodálkoznak az eltéréseken,

sőt előrejelzéseikben figyelembe is veszik azokat. Körülbelül 9 éves kortól az ingadozások magyarázatát is keresik. Annak kiszámításához, hogy egy esemény milyen valószínűséggel következik be, szükséges a kombinatorikus gondolkodás és az arányszámítás megfelelő fejlettsége, ezért a valószínűségi gondolkodás fejlődésében jelentős mértékű változás 11-12 éves kortól várható.

A valószínűségi összefüggések felismertetése azért fontos, mert a tananyagban túlsúlyban vannak a szükségszerű összefüggések, megnehezítve a valószínűségi gondolkodás fejlődését. A valószínűségi gondolkodás mérése az 1–6. évfolyamon a tanulók tapasztalataihoz kapcsolódóan valószínűsíthető meg (*G45. feladat*).

G45. feladat

Vannak olyan események, amelyek biztosan bekövetkeznek, és vannak olyanok, amelyek nem. Döntsd el, hogy ezek az események melyik csoportba tartoznak!

- A) Földrengéskor összedől a ház.
- B) Aki megszületik, meghal.
- C) Karácsonykor esik a hó.
- D) Tél után jön a tavasz.
- E) A feldobott kő leesik.

Biztos esemény



Nem biztos esemény

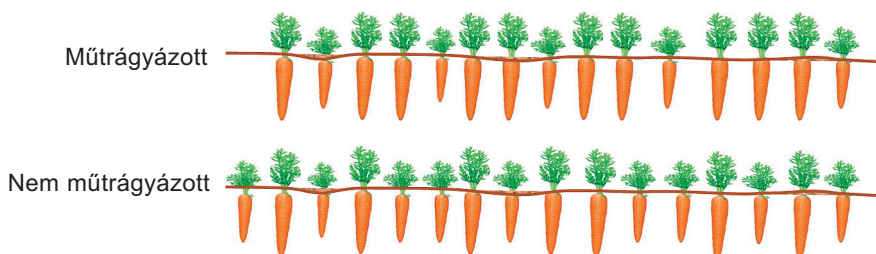


Korrelatív gondolkodás

A korrelatív gondolkodás bizonyos valószínűséggel bekövetkező események közötti összefüggés felismerését teszi lehetővé; a világot leíró jellemzők közötti kapcsolatok, törvényszerűségek felismerésének alapja. Két alaptípusa különíthető el: az együttjárás és az okság, mindkettő fejleszthető természettudományos tartalmakkal. Például az élőlények életfeltételeinek tanulásakor meg lehet beszélni, mi történik, ha az élőlény hosszabb ideig nem jut táplálékhoz vagy túl sok fát vágnak ki egy meredek hegyoldalon. Az együttjárás felismerése elősegíthető úgy, hogy a tanulók kész adatsorokat (például egy adott terület évi átlagos csapadékmennyisége és a termelt búza mennyisége tíz év adatai alapján) vagy általuk, az osztálytársak körében mért adatsorokat (például a testmagasság és a testtömeg) elemeznek (*G46. és G47. feladat*).

G46. feladat (Philip Adey alapján)

Befolyásolta-e a műtrágyázás a répák nagyságát?



A talajkezelés módja	A répák száma méret szerint	
	Kicsi	Nagy
Műtrágyázott	5	11
Nem műtrágyázott	9	7

G47. feladat

A hatodikosok iskolaorvosi vizsgálaton vettek részt. Ott megállapították, hogy vannak az osztályban túlsúlyos gyerekek. A következő táblázat a három osztály adatait mutatja. Függ-e a túlsúlyosság attól, hogy az illető fiú vagy lány?

Nem	Tanulók száma testsúly szerint	
	Túlsúlyosak	Normál testsúlyúak
Fiú	8	38
Lány	11	43

Inhelder és *Piaget* 5-15 éves gyerekek körében végzett vizsgálatain során négy korrelációészlelési stratégiát írt le (lásd a kontingenciatáblázatot). A műveletek előtti gondolkodási szinten a gyerekek külön veszik figyelembe az *a* asszociációt, és nem ismerik fel, hogy a *d* esetek is bizonyító erejűek. A konkrét műveletek szakaszában jelenik meg a második és a harmadik stratégia. A második stratégia a kétváltozós táblázat soraiban vagy oszlopaiban szereplő adatok összehasonlítását (pl. *a-b*, *a-c*); míg a harmadik a táblázat két átlójának összehasonlítását jelenti. Csak a formális műveletek szintjén jutnak el a diákok a negyedik stratégiához, a feltételes valószínűségek összehasonlításához.

Kontingenciátáblázat

A változó	B változó	
	B1	B2
A1	a	b
A2	c	d

Természettudományos vizsgálatok

A természettudományos gondolkodás specifikus elemeinek (a tudományos megismerés módjairól való tudás, az empirikus vizsgálatokhoz, a modellalkotáshoz, a tudás adaptivitásának teszteléséhez szükséges készségek és képességek) fejlődése hosszú folyamat. A természet iránti érdeklődés a gyerekekben korán felébred, amit az iskola már a kezdeti szakaszban kihasználhat a természettudományos gondolkodás fejlesztése során.

Az 1–2. évfolyamon az elképzelések, kérdések megfogalmazása, egyszerű MEGFIGYELÉSEK végzése, tervezése, a megfigyelési eredmények megfogalmazása kerül előtérbe. A tapasztalatszerzés a tanulók közvetlen környezetében található természetes és mesterséges környezethez kötődik, a természeti jelenségek, élőhelyek megfigyelésére, valamint a növények, állatok érzékelhető tulajdonságainak, életmódjának, viselkedésének, az életjelenségek változásának megismerésére vonatkozik, előzetesen adott megfigyelési szempontok, kérdések alapján. A tapasztalatok kifejezése szóban, rajzban, majd az íráskészség fejlődésével írásban is lehetséges tanítói segítséggel. Az észlelési tudatosság megfigyelési szempontok adásával fejleszthető, ügyelve a fokozatosságra. Kezdetben a tanulók a tárgyak vagy jelenségek egy tulajdonságát vizsgálják. Majd adhatunk olyan feladatokat, amelyekben egy érzékszervvel az objektumok több tulajdonságát kell észlelni, illetve dolgokat kiválasztani egy vagy több jellemző tulajdonság alapján. Ezeket követhetik a több érzékszervet is bekapcsoló, többféle tulajdonságra figyelő tapasztalatszerzési lehetőségek. A különböző érzékszervekkel észlelt információk feldolgozása magában foglalja a sorbarendezeit, az osztályozást, a térbeli kapcsolatok felismerését, a mérést és a számszerűsítést.

Az adatgyűjtés a megfigyeléseken kívül megvalósítható egyszerű VIZSGÁLATOKKAL, MÉRÉSEKKEL is. Az anyagok, tárgyak néhány alapvető mér-

hető tulajdonságának vizsgálata lehetővé teszi a becsléssel és a méréssel való ismerkedést, a mérőeszközök, a mértékegységek, az egyszerű vizsgálati eljárások megismerését. Ebben az életkorban a mérési eredmények rögzítése, ábrázolása, összehasonlítása, a tapasztalatok megfogalmazása, értelmezése tanítói segítséget igényel. Fontos, hogy a tevékenységek egyszerűek, könnyen kivitelezhetők, rövidek, változatosak legyenek, mivel a gyerekek kezűgyessége, mozgáskoordinációja kevésbé fejlett, az azonnali eredményeket szeretik, a hosszabb kísérletek során elvesztik érdeklődésüket, figyelmük lankad.

A diagnosztikus mérés során a tanulóknak megadjuk a megfigyelések, vizsgálatok, mérések során nyert adatokat, és az adatok rendezését, magyarázatát, értelmezését kérjük (*G48. feladat*).

G48. feladat

Az osztály tanulói azt a házi feladatot kapták, hogy kérdezzék meg otthon, mekkora volt a testhosszuk és a tömegük születéskor. Környezetismeret-órán párban megmérték jelenlegi testmagasságukat és testtömegüket. Az egyik páros mérési adatait látod. Válaszolj a kérdésekre az adatok alapján!

	Peti	Vera
Testmagasság	születéskor 51 cm	49 cm
	jelenleg 135 cm	122 cm
Testtömeg	születéskor 3kg 18 dkg	3kg 15 dkg
	jelenleg 27kg 23 dkg	21kg 17 dkg

Mi a közös Peti és Vera magasságának, tömegének változásában?

Kinek változott nagyobb mértékben a testmagassága?

Kinek változott nagyobb mértékben a testtömege?

A 3–4. évfolyamon a MEGFIGYELÉSEK egyre nagyobb önállósággal zajlanak. A tanulók megfigyelik az élőlények tulajdonságait, életjelenségeit és az azokban bekövetkező változásokat, a különböző állatok viselkedését, életmódját, az élőhelyükhöz és más élőlényekhez fűződő kapcsolatait; információt gyűjtenek a térről, a környezet anyagairól. Sor kerül a megfigyelt anyagi tulajdonságok összehasonlítására, csoportosítására, rendszerezésére.

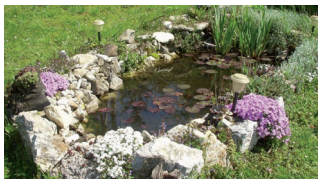
Folytatódik a mindennapi életben fontos mennyiségekre vonatkozó BECSLÉS ÉS MÉRÉS. A tanulók megfigyelik, megméri az időjárási eleme-

ket; távolság-, terület-, időtartam-becsléseket és -méréseket végeznek. Tanítói segítséggel képesek egyszerű VIZSGÁLATOK megtervezésére; a folyamatok, jelenségek, változások kísérleti körülmények között való megfigyelésére, értelmezésére (pl. levegő-, víz- és talajvizsgálatok, a növények, állatok környezeti feltételeinek vizsgálata). A vizsgálatok, kísérletek elősegítik a közvetlen és a közvetett tapasztalatszerzés megkülönböztetését. A tapasztalatok kifejezése történhet szóban, írásban vagy rajzos formában (pl. adatok, tények leírása; ábra, tábló, egyszerű modell készítése).

A 3–4. évfolyamon a tanulók még nehezen tudnak változókat elkülöníteni; lépésről lépésre gondolkodnak, anélkül, hogy össze tudnák kötni a lépéseket. Ebből adódóan a tevékenységek tervezésénél célszerű figyelni arra, hogy a feladatokban kevés számú változó szerepeljen. A megfigyelésekhez, vizsgálatokhoz, kísérletekhez kapcsolódó gondolkodási műveletek köre bővül (pl. oksági összefüggések keresése a kísérleti és a mindennapi tapasztalatok között; a megfigyelési tapasztalatok alapján összehasonlítások végzése, azonosságok, különbségek felismerése, csoportosítások végzése egyre nagyobb fokú tanulói önállósággal). Ebben az életkorban a tanulók kezdik felismerni a különbséget a megfigyelés és a következtetés, illetve a tény és a vélemény között. Elkezdődhet az ismerkedés közvetlen tapasztalás útján nem megszerezhető ismeretek forrásaival, az egyszerűbb ismerethordozók körében való tájékozódással. A tanulmányok kezdeti szakaszában is fontos a természettudományos vizsgálódás, a tudósok munkája iránti érdeklődés felkeltése; annak megmutatása, hogy a természetről szerzett ismereteket megfigyelés, mérés, vizsgálódás, kísérletezés útján lehet megszerezni.

A diagnosztikus mérésben szerepelhet vizsgálatok értelmezése, megadott adatok elemzése (*G49. és G50. feladat*). Kérhetjük adatok összehasonlítását, következtetések levonását vagy egyszerű vizsgálatok megtervezését, például annak igazolását, hogy a levegőnek tömege van (*G51. feladat*).

G49. feladat



Dani és barátai elhatározták, hogy kerti tavat készítenek valamelyikük kertjében. Mielőtt hozzáfogtak, talajvizsgálatot végeztek. Mindhármauk kertjéből – azonos mélységből – talajmintát gyűjtöttek. Három tölcsérbe szűrőként papírfiltert raktak, ebbe tömörítették külön-külön a talajmintákat. A tölcséreket hosszú üveg pohárba állították, majd a mintákra 1-1 dl vizet öntöttek. Másnap reggel a tapasztaltakat táblázatba foglalták. Az adatok alapján válaszolj a kérdésekre!

Tulajdonságok	Talajminta		
	Daniék kertjéből	Petiék kertjéből	Zoliék kertjéből
A talajminta állapota	vizes	felszínén kb. 1 cm víz	száraz
A pohárban lévő víz mennyisége	0,3 dl	1-2 csepp	1 dl

Melyik talaj nem alkalmas kerti tó készítésére? Indokold a választ!

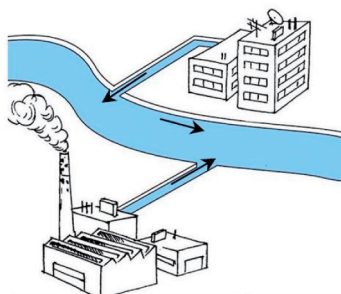
Melyik talaj a legalkalmasabb kerti tó készítésére? Indokold a választ!

G50. feladat

Vízvizsgálatot végeztünk, az eredményeket a táblázat foglalja össze.

Tulajdonság	Vízmintha		
	1.	2.	3.
Áttetszőség	nagyon zavaros	teljesen átlátszó	átlátszó
Szín	sárgásbarna	színtelen	enyhén sárgás
Szag	földszagú	friss szagú	klórszagú

Honnan származhatnak a vízminták? Írd a vízminták számát az ábra megfelelő helyére! Indokold válaszodat!



G51. feladat

Tervezz meg egy olyan kísérletet, amellyel meg tudod mutatni, hogy a levegőnek is van tömege! Egy érzékeny mérleg és egy felfújott labda áll rendelkezésedre.



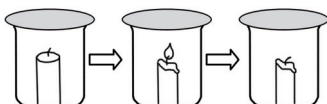
Az 5–6. évfolyamon az előző szakaszokban végzett megfigyelések, mérések, vizsgálatok elemei bővülnek. Tanári segítséggel, irányított formában a tanulók képesek a környezetre vonatkozó problémák önálló megfogalmazására; egyszerű kísérletek tervezésére; előrejelzések megfogalmazására; kísérlet végrehajtására; a megfigyelések, tapasztalatok saját szavakkal történő megfogalmazására, rögzítésére; az előzetes elképzelések és a tapasztalatok, mérési eredmények összevetésére, az eltérések okainak keresésére; a mérés pontosságának értékelésére. Az eredmények rögzítése változatos formában kérhető (pl. adatok, tények leírása; rajz, ábra, diagram, térképvázlat, tábló, terepmodell készítése; gyűjtemény összeállítása). A vizsgálatok számos témára vonatkozhatnak (pl. a környezetben megnyilvánuló kölcsönhatások, változások; különböző élőlények, jelenségek minőségi és mennyiségi jellemzőinek összehasonlítása, mérése; időjárási elemek rendszeres észlelése, mérése). Megjelenhet a modellalkotás is egyszerű formában (pl. az anyagot felépítő részecskék; a folyó munkavégzése, felszíni alapformák kialakulása), illetve az adatgyűjtés szimuláció alapján.

Megfelelő tanári útmutatással a tanulók képesek a különböző ismerethordozók használatára, információk keresésére természettudományos könyvek, lexikonok, térképek segítségével; információk gyűjtésére különböző helyszíneken és forrásokból (pl. valóságos környezet, múzeumi kiállítás, ismeretterjesztő műsorok, reklámok); a szerzett információk értelmezésére, megvitatására; egyszerű ábrák, adatsorok, diagramok, grafikonok készítésére, értelmezésére. Fontos, hogy felismerjék, az adatok minősége függ az adatforrástól és az adatgyűjtés módjától, és megértsek, mikor tekinthető az információ tudományosnak.

A diagnosztikus mérés során vizsgálhatjuk kísérletek, vizsgálatok értelmezését, adatok, ábrák elemzését (*G52. és G53. feladat*).

G52. feladat

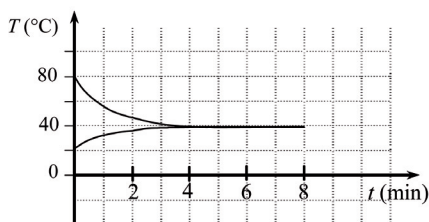
Egy edénybe gyertyát helyezünk, majd az edényt lezárjuk és megmérjük a tömegét. Ezután meggyújtjuk a gyertyát, majd ismét lezárjuk az edényt. Néhány perc múlva az égő gyertya elalszik. A lezárt edényt – benne a gyertyával – ismét megmérjük.



Hogyan változott az edény tömege a gyertya égése után? Indokold a választ! Mit bizonyít ez a kísérlet?

G53. feladat

A forró teával teli bögrét egy vízzel félig telt tálba állítottuk. A grafikon a bekövetkezett hőmérséklet-változást mutatja az idő elteltével.



Magyarázd el az ábra alapján, milyen változások következtek be a tea és a víz hőmérsékletében!

Hogyan változna a görbe, ha a későbbi időpontokban mért adatokat is ábrázolnánk?

Az 5–6. évfolyamon a tanulók már kezdenek könnyedén kezelni két vagy több változót, megérteni logikai összefüggéseket, valamint múltbeli tapasztalatok alapján változásokat előrejelezni. Kezd kialakulni a hipotézisalkotás és az egyszerű hipotézisek ellenőrzésének képessége (*G54. feladat*). Már képesek arra is, hogy bonyolultabb környezeti szituációkban kiszűrjék a lényeges tényezőket és tisztázzák a problémát.

G54. feladat

Peti egy követet vizsgált. Megszagolta, majd megpróbálta szétmorzsolni. Arra gondolt, hogy ez agyag. Megpróbálta eldönteni, hogy jó volt-e a feltételezése. Vizsgálatát és tapasztalatait az alábbi ábra mutatja. Tanulmányozd az ábrát! Igazolta-e a kísérlet Peti feltevését?



Kísérletek tervezését úgy is kérhetjük, hogy nem adjuk meg a szükséges anyagokat és eszközöket, azok kiválasztása is a tanulók feladata (G55. feladat).

G55. feladat

Tervezz kísérletet a tojás átlagos sűrűségének meghatározására!

Szükséges anyagok:

Szükséges eszközök:

A vizsgálat menete:

Az átlagos sűrűség kiszámítása:



A természettudományos tudás alkalmazásának diagnosztikus értékelése

A természettudományos tudás vizsgálatának alkalmazás dimenziója a természettudományos műveltség azon elemeit írja le, amelyek a mindennapi életben való boldoguláshoz, a természettudományos tájékozottságra alapozott döntésekhez szükségesek. A személyes és társadalmi relevanciával bíró tudás meghatározó elemei közé tartozik az információ megértése, értékének megítélése, a technológiai folyamatok tudományos hátterének és társadalmi vonatkozásainak ismerete is. A részletes tartalmi keretek alkalmazás dimenziójának középpontjába az alapvető természettudományos fogalmak, tények, összefüggések, technológia eljárások hétköznapi szituációkban való értelmezését és alkalmazását helyezzük, továbbá kitérünk a tudás közeli transzferére, iskolai kontextusban való alkalmazására is. Ebben az alfejezetben nem törekszünk a tartalom szerinti lefedésre, hanem példákat mutatunk arra, hogyan, milyen feladatokkal mérhető a természettudományos tudás alkalmazása a 4.2. ábrán bemutatott modell kategóriái szerint.

Iskolai kontextusban alkalmazott tudás

Az iskolai kontextusban történő alkalmazás szorosan kötődik a tananyag által körülhatárolt tartalmakhoz. Az alkalmazás fejlesztése, mérése a tantárgyi tudásszintmérésben megszokott feladattípusokkal történhet. A feladatok követik a természettudományok logikáját, a szaktudományok terminológiáját használják.

Az 1–6. évfolyamon, a természettudományok tanításának integrált szakaszában, de később, a diszciplínák szerinti oktatásban is alapvető fontosságú az egyes témák, tantárgyak közötti kapcsolatteremtés. Számos kutatás jelzi, hogy a tudás közeli transzferálása nem automatikus, fejleszteni, tanítani szükséges. A közeli transzfer fejleszthető, ha a tanítás során tudatosan törekszünk arra, hogy megmutassuk a kapcsolatokat, összefüggéseket, a tudáselemek egymásra épülését, utalunk a már ismert, megtanult dolgokra vagy azokra a témákra, amelyek kapcsolódnak az aktuális tananyaghoz, de tárgyalásukra csak később kerül sor. A természettudományos témákon belüli kapcsolatteremtésnek kedvez a koncent-

rikus vagy a spirális tantervi építkezés, és ezt szolgálják a kereszttantervi célok, fejlesztési feladatok is.

A matematika és a természettudományok közötti kapcsolat közismert, a matematikai tudás elemei (pl. számolási készségek, egyenes és fordított arányosság, százalékszámítás, mértékváltás, halmazműveletek, függvények, kombinatorika, valószínűség-számítás) számos természettudományos területen alkalmazhatók (pl. a fizikai mennyiségek közötti összefüggések meghatározása; különböző mennyiségek kiszámítása; adatsorok elemzése, adatok ábrázolása; extrapoláció). Matematikai készségek alkalmazására mutat példát földrajzi témákban az *A1.*, *A2.* és *A3. feladat*.

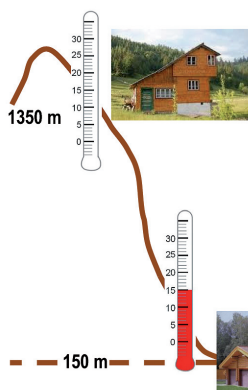
A1. feladat

Mennyi a napi középhőmérséklet, ha a nap folyamán az alábbi értékeket mértük?

−3°C −1°C 15°C 8°C 4°C

A2. feladat

A 4. c osztály kirándul. A szállásuk a völgyben meghúzódó faluban van. Kedden innen indulnak a hegycsúcs közelében lévő turistaházhoz.



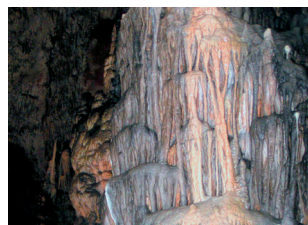
Mennyi a hőmérséklet a faluban?

Mekkora a szintkülönbség a két hely között?

Jelöld a hőmérőn, hogy mennyi volt a hőmérséklet a turistaháznál, ha a hőmérséklet 200 méterenként 1°C-kal csökken!

A3. feladat

A leggyorsabban növekvő cseppkövek évente 2 mm-t nőnek. Vajon a leendő unokáid idejében leér-e a cseppkő a 2 méter magas barlangi üreg tetejétől az aljáig?



Számos lehetőség van a természettudományos diszciplínák közötti tudástranszfer fejlesztésére, vizsgálatára is. A fizikában tanultak alkalmazását igénylik például a következő témák a földrajzban: a víz körforgása a természetben; csapadékfajták keletkezése; a levegő felmelegedése, áramlása, páratartalma, nyomása; a szél, a víz felszínformáló munkája; a napsugarak beesési szöge; a fényvisszaverődés (*A4. feladat*).

A4. feladat

A felhőtlen égbolton jól megfigyelhető égitest a Hold. Miért világít a Hold?

A Holdon gyakoriak az elektromos kisülések.

Felszínéről visszaverődnek a Nap sugarai.

Közeiben sok fluoreszkáló anyag van.

Kráterei összegyűjtik a csillagok fényét.

Fizikai ismeretek alapján érthető meg számos biológiai tárgyú téma, például a légzés, az anyagszállítás, a hőszabályozás folyamatai vagy a rovarok, a vándormadarak tájékozódása. Ugyanaz a fizikai fogalom több tantárgyban is előkerülhet. Például a párolgás az *A5. feladatban*, a víz körforgásához kapcsolt gazdasági vonatkozású következtetés megfogalmazásában, illetve az élő szervezet hőszabályozásának magyarázatában (*A6. feladat*).

A5. feladat

A csapadék egy része beszivárog a talajba, egy része elpárolog. Az alábbi táblázat a 2004-ben mért adatokat mutatja.

Település	Évi csapadék (mm)	Évi párolgás (mm)
Túrkeve	529	470
Szombathely	700	520

Magyarázd meg, miért kellett többet öntözni a Túrkeve környéki kertekben!

A6. feladat

Amikor melegünk van, a verejtékmirigyek működése következtében izzadunk. Hogyan hűti le testünket az izzadás?

A természettudományok tanulása során gyakran van szükség a kémiai és a biológiai tartalmak közötti tudástranszfer működésére. Kémiai ismeretek szükségesek például az élőlények testét felépítő anyagok ismeretéhez, a táplálékok kiválasztásához (A7. feladat), összetételének megadásához, a sejtbiológiai, biokémiai folyamatok megértéséhez.

A7. feladat

A boltokban sokféle joghurt kapható. Az alábbiak közül melyik joghurt...

a legegészségesebb összetételű?

hizlal a legkevésbé?

Indokold a válaszokat!

100 g termékben	Kölyökjoghurt	Gyümölcsös joghurt	Finom joghurt
Energia	84 kcal	97 kcal	50 kcal
Fehérje	3,0 g	3,5 g	4,7 g
Szénhidrát	12,0 g	15,0 g	7,5 g
Zsír	2,7 g	2,6 g	0,1 g

A biológia és a földrajz is számos ponton kapcsolódik, például a talajról a biológiában mint környezeti tényezőről esik szó, a földrajzban a talaj kialakulásáról, típusairól; kérhető a tanulóktól például a biológiában megismert életközösségek összekapcsolása az éghajlati övezetekről tanultakkal (A8. feladat).

A8. feladat

Hasonlítsd össze a hazai erdők közül a tölgyest a fenyvesekkel a következő szempontok alapján!

- az éves átlagos csapadékmennyiség
- az évi középhőmérséklet
- a talaj tápanyagtartalma
- a lombkorona záródása
- az aljnövényzet gazdagsága

A természettudományos tudás nem természettudományos tantárgyakban is hasznosítható. Történelemórán megkereshetők például a fertőzések, járványok kialakulásának, terjedésének biológiai és társadalmi okai; nyelvtan- és énekórán alkalmazhatók a hangról, a hangképzésről tanult fizikai és biológiai ismeretek. A testnevelésórán vagy a sportoláskor szerzett tapasztalatok, az intenzív mozgást kísérő jelenségek (a pulzusszám változása, izomláz) megértéséhez a keringésről, izomműködésről biológiaórán tanultak alkalmazása szükséges (*A9. feladat*).

A9. feladat

Andris a tegnapi edzésen 2 000 métert úszott. A víz 21°C-os volt, mégis kimelegedett és kipirult az arca. Miért?

Úszás után, amikor kijött a vízből, fázott. Miért?

Realisztikus kontextusban alkalmazott tudás

A tudás távolabbi transzfere túlmutat az iskolai feladatok kontextusán, működéséhez az akadémikus természettudományos és a hétköznapi gondolkodás összekapcsolása szükséges. Az iskolában szerzett tudományos ismeretek alkalmazásához meg kell mutatni a tanulóknak, hogy a tudomány a valóság leírására törekszik. Ennek egyik lehetséges eszköze a hétköznapi jelenségek és a tudományos magyarázatok összekapcsolása olyan feladatokban, amelyek tudományos ismeretek alkalmazásával oldhatók meg. Nehezíti a realisztikus feladatok megoldását, hogy az iskolában tanult, a diszciplínák logikája szerint elsajátított tudás transzfere sem automatikus. A tudásreprezentációban gyakran elkülönül a hétköznapi és az iskolai tudás; ugyanahhoz a kifejezéshez más jelentés kapcsolódik a hétköznapiakban, és más a tudományos szaknyelvben (pl. a virág a kertben egy virágos növény, a tanórán a virágos növény szaporítószerve). Nehézséget okoz továbbá, hogy a hétköznapi problémák komplexek, nem különülnek diszciplínákra, megoldásukhoz gyakran több tudományterülethez tartozó tudás együttes alkalmazása szükséges.

A társadalmi igényeket képviselő tudásalkalmazás olyan feladatokkal mérhető, amelyekben a természettudományokhoz, technikához köthető jelenségeket kell értelmezni, hétköznapi szituációkba ágyazott problémákat megoldani. Jellemzők a természettudományokat és más tudományte-

rületeket összekapcsoló, a természettudományos jelenségek társadalmi, gazdasági következményeinek felismerését igénylő komplex feladatok. Ilyen feladatok azonban az 1–6. évfolyamon az életkori sajátságok miatt csak korlátozottan alkalmazhatók.

A realiztikus kontextusban alkalmazott tudást vizsgáló feladatok általában kerülnek a tudományos terminológiát, a mindennapi kommunikáció eszköztárát használják. A tudás minőségének feltárása gyakran nyílt feladatokkal történik. A megoldások ugyanis a feladattól függően változó mélységű tudást tükrözhetnek, a tapasztalatokon alapuló válaszoktól (pl. *A20. feladat*) a tudományos szintűekig (pl. *A42. feladat*). A kódolás történhet két- (hibás válasz: 0, helyes válasz: 1 pont) vagy többfokú skálán (pl. *A57. feladat*). A skálafokok a válaszok kategorizálásával, a feladatok többszöri bemérésével állapíthatók meg.

A tudás alkalmazása realiztikus, személyes kontextusú feladatokban

A személyes kontextust a tanuló szempontjából releváns, a tanuló közvetlen környezetében, a személyes és családi életében, kortárs kapcsolataiban jellemző, meg tapasztalható autentikus szituációk adják. A tanulóknak olyan feladatokat kell megoldaniuk, olyan kérdésekre kell válaszokat, magyarázatokat adniuk, amelyekkel a mindennapi életben már nagy valószínűséggel szembesültek. Az iskolában tanult tartalmi területek (Élettelen és Élő rendszerek, valamint a Föld és a világegyetem) különböző témái évfolyamtól függően változó lehetőségeket kínálnak a tudásalkalmazás vizsgálatára. A feladatok komplexitása, a végrehajtandó tevékenység összetettsége az iskolai tanulás során gyarapodó tudományos ismeretekkel és a gondolkodási képességek fejlődésével növekszik.

A tudás alkalmazásának értékelése realiztikus, személyes kontextusú feladatokban az 1–2. évfolyamon

A tanulókat lépésről lépésre vezethetjük rá arra, hogyan használják a tanórán tanultakat a nem iskolai feladatok megoldásában, a különböző döntések meghozatalában. Zárt feladatokkal, a válaszlehetőségek felkínálásával már az 1–2. évfolyamon is vizsgálhatók olyan jelenségek, szituációk, amelyeket jól ismernek a tanulók a hétköznapiakból.

AZ ÉLETTELEN RENDSZEREK tartalmi területen a tudásalkalmazás vizsgálatára lehetőséget ad a mindennapi tárgyak anyagának és rendeltetésének összekapcsolása (*A10. feladat*), a megfelelő mérőeszközök kiválasztása

(*A11. feladat*); a víz halmazállapot-változásainak felismerése hétköznapi szituációkban (pl. a fagyalt elolvadása, a vizes haj száradása, a fürdőszobai tükör bepárásodása), illetve természeti jelenségekben (pl. csapadékfajták képződése). Az *A11. feladat* könnyen átalakítható problémafeladattá, és főként a másik két életkori szakaszban alkalmazható, ha például azt kell kitalálni, hogyan helyettesíthető a konyhában megtalálható tárgyak közül a térfogatmérésre használt mérőpohár (Az anyagok kimérése közben Dóri eltörte a mérőpoharat. Milyen eszközzel és hogyan tudta kimérni a pogácsához szükséges olajat, tejet?).

A10. feladat

Milyen tulajdonságúak legyenek azok az anyagok, amelyekből az alábbi tárgyakat készítik?

hőszigetelő



hótaposó

vízálló



edényfogó kesztyű

mágneses



szemüveglencse

rugalmas



labda

átlátszó

A11. feladat

HOZZÁVALÓK

90 dkg liszt, 2 dl olaj, fél liter tej,
5 dkg élesztő, 1 kiskanál só

Dóri anyukája pogácsát süt. Megkérte Dórit, segítsen kimérni a hozzávalókat. Milyen eszközöket használt az egyes összetevők kiméréséhez?

Vizsgálhatjuk, hogy a tanulók felismerik-e az oldatkészítést a mindennapokban (pl. a húsleves sózása, a tea édesítése, limonádé készítése); meg tudják-e nevezni a mindennapi változások (pl. a tányér eltörött, a léggömb kipukkant, a teavíz felforrt) okait, illetve az események következményeit (*A12. feladat*).

A12. feladat

Peti osztálykiránduláson volt. A kilátóba vezető lépcsőn megcsúszott, és legurult a hátizsákja. A hátizsákban volt a telefonja, a teáspalackja, a távcsőve, a pulóvere és a szendvicse. Válaszd ki azokat a változásokat, amelyek a hátizsák leesése miatt következhetnek be!

Lemerült a telefonja.
Elrepedt a teáspalackja.
Eltörött a távcsőve.
Kinyúlt a pulóvere.
Megromlott a szendvicse.

Az energia témakörben az alkalmazást vizsgáló feladatok vonatkozhatnak a mindennapokban tapasztalható energiaváltozásokra, az égés jelenségére, az éghető anyagokra (A13. feladat), valamint a fényforrás jellegének, helyének megválasztására (A14. feladat).

A13. feladat

Melyik tárgy gyulladhat meg és okozhat lakástűzet?

újság konyharuha teásbögre szalvéta palacsintasütő

A14. feladat



Réka az új olvasólámpáját a legmegfelelőbb helyre szeretné tenni az íróasztalán.

Milyen irányból essen a fény a papírra, ha Réka jobb kézzel ír? Miért?

jobbról balról

Jelöld az íróasztalon az olvasólámpa helyét!

AZ ÉLŐ RENDSZEREK tartalmi területen az alkalmazás szempontjából fontosak azok a feladatok, amelyekkel vizsgálható, hogy a tanulók felismerik-e a növények és az állatok jelentőségét az ember és a többi élőlény szempontjából (pl. Milyen szerepük van a parkoknak a városban?). A feladatok kötődhetnek az egészséges életmódhoz, a személyes biztonságához is: ilyen például a saját napi/heti tevékenységek elemzése az egészséges testmozgás szempontjából; a szervezetünket károsító hatások

felismerése (*A15. feladat*); segélykérés (*A16. és A17. feladat*); a mindennapi tevékenységekhez (pl. biciklizés, görkorcsolyázás) szükséges biztonsági felszerelések kiválasztása.

A15. feladat

Nap mint nap teszünk olyat, ami károsítja az egészségünket. Mit károsítanak ezek a tevékenységek?

Hangos zenét hallgatunk fülhallgatóval.	látást
Rosszul megvilágított helyen olvasunk.	hallást
Az asztal fölé görnyedve tanulunk.	testtartást
Sokat ülünk a számítógép előtt.	
Rendszeresen az egyik vállunkon viszzük a táskát.	

A16. feladat

Kit kell segítségül hívni a felsorolt esetekben?



- Kati edzés közben eltörte a kezét.
- A szomszéd lakásából sűrű füst gomolyog.
- A villamoson veszekedés tört ki.
- A vihar gyökerestől kicsavart egy fát.
- A garázsunkból eltűnt a kerékpár.

A17. feladat

Balesetet láttál. Mit kell tudnod, amikor felhívod a mentőket?

- a mentők számát
- a sérültek nevét
- a baleset helyszínének pontos címét
- a sérültek számát
- a baleset okozójának nevét

A FÖLD ÉS A VILÁGEGYETEM területen a térbeli tájékozódás vizsgálható helyek beazonosításával szóbeli/rajzos információk alapján; tervrajz készítésével egy konkrét cselekvési célnak megfelelően (pl. szoba átrendezése). Az időbeli tájékozódás mérhető a mindennapi életből vett idősorok képzettségével. Az *A18. feladat* események hónapokhoz rendelését vizsgálja,

ami nehezíthető, ha a hónapokat elhagyjuk, és csak az események évbeli sorrendjét kérjük (Milyen sorrendben követik egymást az évben az események?). Vizsgálhatjuk az időjárás-változás mindennapi tevékenységekre gyakorolt hatásának felismerését is, például az időjárási helyzetnek megfelelő öltözet kiválasztásával és tevékenység tervezésével (*A19. feladat*).

A18. feladat

Andi kapott egy noteszt és jegyzeteket készített. Melyik hónaphoz írta be a következő eseményeket?

február	húsvéti tojástartást festünk
április	nyaralni megyünk
július	karácsonyfát díszítünk
szeptember	farsangi jelmezt készítünk
október	kezdődik az új tanév
december	

A19. feladat

Laci egy októberi reggelen egynapos kirándulásra indul. Az időjárás-előrejelzés derült, napos időt ígér, délben 18°C várható és közepesen erős szél. A reggel azonban hűvös, hajnalban kevés eső is esett. Milyen ruhadarabokat vegyen fel Laci, hogy ne fázzon reggel, ám délben se legyen melege?

pulóvert pólót rövidnadrágot dzsekit
kesztyűt inget farmert

A tudás alkalmazásának értékelése realisztikus, személyes kontextusú feladatokban a 3–4. évfolyamon

A tudás alkalmazása a 3–4. évfolyamon már összetettebb, több lépésben megoldható, nyitott feladatokkal is mérhető. Ebben az életkori szakaszban a mindennapi tevékenységek, jelenségek tudományos, egy-két szempontú elemzése, értelmezése, egyszerű mérések elvégzése kérhető.

A realisztikus feladatokban gyakori, hogy a válaszok egy része személyes tapasztalatok alapján is megadható. A tanuló tudásáról, arról, hogy mi alapján válaszolt, csak úgy tudunk információt szerezni, hogy kérjük a válaszok indoklását. Például, azt már az 1–2. évfolyamos tanulók is kiválasztják, hogy milyen tárgyak szükségesek a biztonságos strandoláshoz (*A20. feladat*), tudják, mit kell tenni annak érdekében, hogy ne hízzanak el (*A21. feladat*). Azt azonban, hogy ismerik-e az okokat, rendel-

keznek-e a megfelelő természettudományos ismeretekkel, az indoklás mutatja meg.

A20. feladat

Bence strandolni készül. Válaszd ki azokat a tárgyakat, amelyeket feltétlenül magával kell vinnie! Válaszodat indokold!



A21. feladat

Az egyik természetismeret-órán a gyerekek az iskolaorvossal beszélgettek. Számos tanácsot kaptak tőle. Melyek azok a tanácsok, amelyek betartásával megelőzhető az elhízás? Válaszodat indokold!

Fogadjatok szót a tanító néninek!
Fogyasszatok minél több zöldséget és gyümölcsöt!
Mozogjatok minél többet!
Ovassatok sokat!

Mindkét feladatban különböző minőségű válaszok adhatók, attól függően, hogy a magyarázatok a hétköznapi vagy a tudományos gondolkodást tükrözik. Az *A20. feladatban* lehetséges válaszok: a naptej és a sapka megvédi a naptól, a leégéstől, a napszúrástól, illetve a káros vagy UV-sugaraktól; az *A21. feladatban*: ha szót fogadunk a tanító néninek, illetve sokat olvasunk, nem jár mozgással és/vagy kevés energiát igényel. A különböző szintű válaszokat érdemes kódolni és kategorizálni.

Az ÉLETTELEN RENDSZEREK tartalmi területen az anyagok tulajdonságai kapcsán az előző életkori szakaszhoz hasonlóan vizsgálható annak felismerése, hogy a mindennapi használati tárgyakat a funkciójuknak megfelelő anyagból készítik. Az anyagi tulajdonságok köre bővül, egyre több tudományos kifejezés jelenik meg a feladatokban (*A22. feladat*).

A22. feladat

Milyen tulajdonságúak legyenek azok az anyagok, amelyekből az alábbi tárgyakat készítik?

villanyvezeték gumimatrac teáscsésze síkesztyű

Vizsgálhatjuk a különböző halmazállapotok felismerését; a környezetben lezajló oldódási és olvadási folyamatok megkülönböztetését; a szilárd anyagok oldódásának, illetve olvadásának megkülönböztetését (A23. feladat); a mindennapokban előforduló keverékek (szilárd-folyadék, szilárd-szilárd) szétválasztását (A24. feladat), az anyagok változását (A25. feladat).

A23. feladat

Mi történik az alábbi anyagokkal? Fejezd be a megkezdett mondatokat a megadott szavak egyikével!

A teába kevert méz...

A mélyhűtőbe tett víz...

megfagy.

A frissen készített pirítósra kent vaj...

feloldódik.

A levesbe szórt só...

megolvad.

A narancslébe tett jégkocka...

A24. feladat

Rántott karfiolt készítünk. Szeretnénk újból felhasználni a panírozásnál megmaradt lisztet és a sütéshez használt olajat. Hogyan tudjuk eltávolítani...

a lisztbe szóródott karfiolmorzsákat?

a sütőolajba került panírt?

A25. feladat

Szilvát aszalunk. A 2 kg friss, kimagozott gyümölcsöt egy tepsiben szétterítjük, majd betesszük az alacsony hőfokra állított sütőbe néhány órára.

Hogyan változott meg a szilva tömege az aszalás során? Indokold a választ!

Az aszalt szilva édesebb lesz, mint amilyen a friss gyümölcs volt. Miért?

A mennyiségek mérésének, becslésének gyakorlati vonatkozásai, problémái vizsgálhatók az A26. és A27. feladatokkal. A tudás alkalmazásának vizsgálatára a PISA-felmérésben is használt technika, hogy egy adott szituációhoz több, a tudás különböző összetevőit mérő kérdéseket tesznek fel. Az A26. feladat egyik kérdése például a térkitöltés és a részecskeméret közötti összefüggés autentikus kontextusban való alkalmazását

méri. Az azonban, hogy miből adódik a veszteség, tapasztalati tudáson alapuló következtetéssel magyarázható meg.

A26. feladat

A bejglihez vásárolt 30 dkg diót otthon egy jól záródó üvegben tároltuk. Később ledaráltuk, és visszatöltöttük ugyanabba az üvegbe.

Miért foglal el kisebb helyet a darált dió?

A felhasználás előtt a diót ismét lemértük. Miért mutatott a mérleg 27 dkg-ot, ha a mérleg pontosan mér, és a dió sem szóródott ki?



Tisztított dió Darált dió

A27. feladat

Kati bögrés-mákosat akar sütni. A hozzávalók közül talált a kamrában:

- 1 kg lisztet,
- kb. 4 evőkanál cukrot,
- 1 liter tejet,
- 1 csomag (50 g) őrölt fahéjat.

Mit és abból mennyit kell vásárolnia Katinak a sütéshez?

BÖGRÉS-MÁKOS

Hozzávalók

- 1 csomag vaj
- 2 egész tojás
- 1 bögre cukor
- 3 bögre liszt
- 2 bögre tej
- másfél bögre darált mák
- 1 csomag sütőpor
- egy késhegynyi őrölt fahéj



A kölcsönhatások témakörben a változásokra, a változást okozó hatásokra szerkeszthetünk alkalmazási feladatokat, például a gázok és a folyadékok áramlásához vagy a mindennapi életből vett mozgásokhoz kapcsolódva (A28. feladat). Az energiával való takarékoskodás lehetőségeinek felismerése kiterjeszthető az otthoni környezet mellett az iskolára vagy a közlekedésre is.

A28. feladat

Peti egy alföldi kisvárosban lakik. Rendszeresen meglátogatja a nagyszüleit, akik a szomszéd faluban, tőlük 10 kilométerre laknak.

Mióta megépült a kerékpárút, gyakran megy biciklivel. Egyik nap, amikor hazafelé tartott, meglepve tapasztalta, hogy észrevehetően lassabban halad, mint odafelé. Mi lehetett az oka?

- Elfáradt.
- Fújt a szél.
- Leeresztett az egyik kerék.
- Megéhezett.

AZ ÉLŐ RENDSZEREK tartalmi területen a tudásalkalmazás mérésekor kérhetünk példákat a növények és az állatok hasznosítására a táplálkozásban, gyógyításban, mezőgazdaságban, iparban. Vizsgálhatjuk a környezeti feltételekről tanultak alkalmazását a növények (*A29. feladat*) és az állatok gondozásában (*A30. és A31. feladat*).

A29. feladat

Mielőtt elment nyaralni, Anna leeresztette a redőnyöket, hogy ne melegedjen fel a szobája, míg távol van. Egy hét múlva érkezett haza, s látta, hogy a kaktuszai tönkrementek, elsárgultak. Miért?

A kaktuszok nem tudtak...

oxigént felvenni.
tápanyagokat készíteni.
vizet felszívni.
szaporodni.

A30. feladat

Dani két aranyhalat vett az állatkereskedésben. Otthon egy 5 literes, vízzel teletöltött befőttes üvegbe tette, majd megetette a halakat. Reggel szomorúan látta, hogy a halak elpusztultak. Miért fulladhattak meg a halak?



A31. feladat

Meleg, csapadékos nyár volt. A mélyedések és az esővíztárolók megteltek vízzel. Idővel a szúnyogok tömegesen elszaporodtak, sok kellemetlenséget okozva a falu lakóinak.

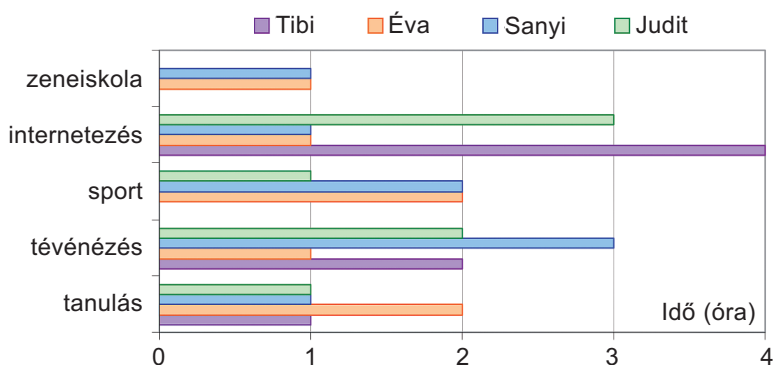
Miért voltak kedvezőek a környezeti feltételek a szúnyogok tömeges elszaporodásához?

A lakók az esővíztárolók tetejére kevés olajat cseppentettek, ezt követően a szúnyoglárva elpusztultak. Miért?

Az egészségmegőrzés témában kérhetjük a tanulóktól, hogy készítsenek napi- és hetirendet az egészséges táplálékbevitel és mozgásszükséglet figyelembevételével, vagy elemezzenek napirendeket (*A32. feladat*); azonosítsák a betegségek megelőzésének lehetőségeit; ismerjék fel az elővigyázatosságról és veszélyekről szóló információkat a mindennapokban előforduló termékek feliratain.

A32. feladat

Szeptember elején megkérdezték a tanulókat, hogy mivel töltik az idejüket iskola után.



Az ábra alapján kinek javasolnád, hogy...

internetezzen kevesebbet?

tévézzen kevesebbet?

mozogjon többet?

Kinek a legegészségesebb a napirendje?

A mindennapi tapasztalatok (betegség, lázmérés, láz, hőemelkedés), a hőmérsékletméréssel, a mértékegységekkel kapcsolatos fizikai, illetve az ember testhőmérsékletére vonatkozó és a láz szerepével kapcsolatos biológiai ismeretek összekapcsolását (a testhőmérséklet egy adott tartományban mozoghat; a láz a szervezet védekezésének jele) kéri az *A33. feladat*.

A33. feladat

Máté reggel rosszul érezte magát. Az édesanyja megmérte a testhőmérsékletét. A lázmérő normál értéket mutatott. Délben már hőemelkedése, este magas láza volt. Melyik értéket mérhették az egyes időpontokban?

34,3°C reggel

36,5°C délben

37,7°C este

40,6°C

42,1°C

Miért változott Máté testhőmérséklete a nap folyamán?

A FÖLD ÉS A VILÁGEGYETEM. A térbeli tájékozódás témakörben az útvonalvázlatok készítését, a jelek alkalmazását vizsgálhatjuk úgy, hogy a tanulókat arra kérjük, találjanak ki egyéni jelrendszert a téri információ közlésére, illetve készítsenek útvonalvázlatot megadott információk alapján (*A34. feladat*). A térelemek helyzetének, fekvésének meghatározásához kérhetünk helybeazonosítást térképvázlati rajzos információk alapján; iránymeghatározást természeti jelenségekkel (*A35. feladat*) és iránytűvel; útbaigazítást égtájak segítségével.

A34. feladat

Micimackó elindult meglátogatni a barátait. Rajzold meg Micimackó útját! Ami a valóságban 100 m, az a térképen 1 cm.

Először Füleshez ment, aki tőle ÉK-re, 150 m-re lakik. Jelöld az ábrán F betűvel Füles házát!

Fülestől K-re indult Tigrishez, aki 200 m-re lakik. Jelöld az ábrán T betűvel Tigris házát!

Majd D-re fordult és ment 300 m-t Malackáig. Jelöld az ábrán M betűvel Malacka házát!



×

Micimackó háza

Hány méter utat tett meg összesen Micimackó?

Milyen messzire került Micimackó légvonalban a házától?

Milyen irányban kell elindulnia hazafelé?

A35. feladat

Nyáron a család a Bükkben kirándult. Letértek a turistaútról és eltévedtek. Minek a segítségével tudtak tájékozódni?

fák mohás oldala állatnyomok a Nap állása a szél iránya

Az útitervkészítés gyakorolható terepi információszerzés alapján. Készíthetünk tervrajzot adott helyszínről konkrét céloknak megfelelően (pl. iskolaudvar parkosítása, környezetbarát játszótér elrendezése). Mérhetjük az időjárás térbeli változásának ismeretét és annak felhasználását például egy utazási szituációban (*A36. feladat*).

A36. feladat

Csaba augusztus elején kirándulni indul családjával Szlovákiába. Városnézést és túrákat terveznek a hegyekbe. Az úticélok között szerepel a Dobsinai jégbarlang is.

Milyen ruhákat kell becsomagolnia az útra?



Az időjárás és az éghajlat témakörben ebben az életkori szakaszban is vizsgálhatjuk az időjárás-változás és a mindennapi élet kapcsolatának megértését az időjárási helyzeteknek megfelelő öltözet/eszköz/személyes tevékenység kiválasztásával. Kérhetjük a Föld tengely körüli forgása, azaz a Nap napi járása mindennapi életet befolyásoló szerepének értelmezését is.

A tudás alkalmazásának értékelése realisztikus, személyes kontextusú feladatokban az 5–6. évfolyamon

Az 5–6. évfolyamon a tanulók tapasztalataik, tanulmányaik és gondolkodási képességeik fejlettsége révén összetettebb információk elemzésére és megértésére, bonyolultabb, rejtettebb összefüggések felismerésére és alkalmazására is képesek. Egyidejűleg több különböző, objektív és szubjektív szempontot tudnak mérlegelni, és képesek több lehetőség közül választani. Ebben az életkorban már mérhető a természettudományos műveltségmodellekben (lásd. 2. fejezet) hangsúlyozott, a természettudományos tudáson, tájékozottságon alapuló döntés képessége. A diagnosztikus feladatokban nyomon követhetők a megoldás, a döntés folyamatának lépései: a döntési szempontok kiválasztása, és a mérlegelést lehetővé tevő információgyűjtés és -elemzés.

AZ ÉLETTELEN RENDSZEREK tartalmi területen az 5–6. évfolyamon már nemcsak egyszerűen megkérdezzük, hogy az egyes tárgyak mely és milyen tulajdonságú anyag(ok)ból készülnek. Azt is kérhetjük, hogy fejtsék ki a tanulók, mik az előnyei és a hátrányai annak, ha ugyanazt a tárgyat, eszközt más-más anyagból készítjük (A37. és A38. feladat). Ekkor már nemcsak funkcionális, hanem gazdasági, környezetvédelmi szempontok is megjelenhetnek.

A37. feladat

Miért készítik a szemüveg lencséjét műanyagból üveg helyett?

A38. feladat

A gyümölcsleveket műanyag palackba és dobozba is csomagolják. Melyek az előnyei és a hátrányai az egyes csomagolóanyagoknak?

Ebben az életkori szakaszban további anyagi tulajdonságokat (pl. sűrűség, mágnesezhetőség) ismernek meg a tanulók, amelyeket alkalmazási feladatokban vizsgálhatunk. Az *A39. feladatban* három, hétköznapiakból ismert jelenség közös magyarázatát kell megtalálni. Kellően fejlett analógias gondolkodás birtokában valószínűleg már az 1–2. évfolyamon felismerhető a felsorolt esetek közös eleme (a tyúkszír, a falevél, a farönkök azért úsznak a víz felszínén, mert könnyebbek). Az indoklás (átlagos sűrűségük kisebb a vizénél) azonban már csak a sűrűség fogalmának alkalmazásával fogalmazható meg.

A39. feladat

Mi a közös az alábbi esetekben? Válaszodat indokold!

A tyúkhúsleves felületén aranyárga zsírfoltok vannak.

A falevél beborítja a tó vizének felszínét.

A hegyekben kitermelt fa a folyókon úszva jut le a völgybe.

A sűrűségfogalom segítségével a tanulók értelmezni tudják a folyékony és szilárd víz sűrűsége közötti különbség következményeit is (pl. jéghegyek, a vizek élővilága télen, a kövek mállása, vízvezetékek elfagyása). Az anyagok mágnesezhetőségére vonatkozó tudás felhasználását kérhetjük a mindennapi keverékek szétválasztási módszerinek megválasztásakor (*A40. feladat*).

A40. feladat

Az íróasztal fiókjában egy idő után sok kacat felhalmozódik fel. Mely anyagokat tudod mágnessel kiválogatni közülük?

ceruza radír iratkapocs vonalzó rajzszög gombostű

Szintén sokféle hétköznapi jelenség, megfigyelés alapján vizsgálhatjuk az anyagok változásának magyarázatát, a hétköznapiakban lejátszódó fizikai folyamatok értelmezését (*A41. és A42. feladat*).

A41. feladat

Robi kibontott egy csomag nápolyit és az asztalon felejtette. Másnap reggelre a ropogós ostya megpuhult. Mi okozta a változást?



Anna reggelire egy kiflit megevett, a többit a tányéron hagyta. Délután, mikor hazaért az iskolából, a tányéron maradt kiflik olyan kemények voltak, hogy nem tudta megenni. Mi történt a kiflikkel?

Hasonlítsd össze a két változást! Mi a hasonlóság és a különbség közöttük?

Az oldódás értelmezése összetettebb formában jelenik meg az A42. feladatban. A megoldáshoz a tanulónak fel kell ismernie, hogy a kakaó-készítés oldódási folyamat, amelyet befolyásol a tej hőmérséklete és a keverés.

A42. feladat

Zoli mindennap kakaót iszik reggelire. Egy bögre meleg tejbe két kiskanál instant kakaóport kever. Kedden rohant az iskolába, és a kakaó felét meghagyta. Délután, mikor megitta a maradékot, látta, hogy a kakaó színe világosabb lett, és barna réteg maradt a bögre alján.

Milyen folyamat játszódott le a kakaóporral, amikor Zoli a tejbe keverte?

Milyen okai lehetnek annak, hogy a kakaó egy része délutánra leülepedett a csésze aljára?

Készíthetünk olyan feladatokat, melyekben az élelmiszerek összetevőire, az összetevők változására, bomlására vonatkozó ismeretek birtokában kell dönteni arról, hogy a tipikus vásárlási szituációban melyik terméket válasszuk, vagy éppen megvegyük-e azt az egészség megőrzése érdekében. Az A43. feladatban különböző megfontolások alapján lehet megítélni, hogy Éva jól döntött-e, amikor megvásárolta azt az akciós narancslevet, amelynek a zsúr napjára lejárt a szavatossági ideje. Ebben az autentikus szituációban természettudományos (pl. az élelmiszerek romlanak, ami veszélyes) és nem természettudományos (pl. fogyasztói ár) megfontolások, illetve azok kombinációi alapján lehet érvelni. A válasz megadásához tudni kell, mit jelent az élelmiszereken feltüntetett „Minőségét megőrzi: ...” felirat. Ez a tudás részben a hétköznapi tapasztalatra, részben az iskolában szerzett tudásra épül.

A43. feladat

Éva október 12-én születésnapjára zsúrt rendez. Ehhez gyümölcslevet is vásárol. Édesanyja felhívta figyelmét arra, hogy amikor élelmiszert vásárol, mindig nézze meg az áru szavatossági idejét. Éva leemelt a polcra egy doboz akciós narancslevet, amelyen a következő felirat volt:



MINŐSÉGÉT MEGŐRZI: 09. 10. 11.

Mit jelent ez?

A narancslé 2011. október 9-ig...

nem fogyasztható.

változik a vitamintartalma.

hűtőben kell tartani.

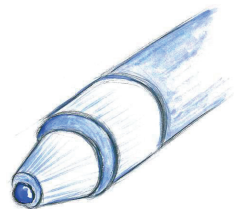
Éva megvette a narancslevet. Jól döntött-e? Indokold a választ!

Az 5–6. évfolyamon az ÉLETTELEN RENDSZEREK tartalmi terület számos további témákban is kínál lehetőséget tudományos ismeretek alkalmazásának vizsgálatára. Ilyen például az áramló gázok és folyadékok által kifejtett erő felismerése, összekapcsolása az időjárással, illetve a szél és az áramló víz felszínformáló munkájával; a közegellenállás mozgó testekre gyakorolt hatásának felismerése (a gépkocsik, repülőgépek alakjának magyarázata). A tanulók képesek néhány egyszerű szerkezet működésének magyarázatára is. Ez lehetőséget teremt a fizikai törvényszerűségek felismerésére az egyes működésekben, és előkészíti összetettebb technológiai folyamatok megértését. Ilyen például a hang keletkezésének, terjedésének magyarázata; kapcsolatteremtés az emberi hangképző szervek és a hangszerek (hegedű-húr, dob-lemez) azon szerkezeti elemei között, amelyek szerepet játszanak a hangadásban; vagy a golyóstoll működésének megértése (A44. feladat).

A44. feladat

Bíró László magyar író és művész találta fel a golyóstollat az 1930-as években. Olyan különleges tollat tervezett, amelyben egy acélgolyó forog, így a tinta a golyót vonja be, és az hagy nyomot a papíron forgás közben.

Katinak folyik a golyóstolla, ezért leckeírás közben tin-tafoltos lett a keze és a füzte.



Mi lehet az oka annak, hogy a szükségesnél több tinta folyik ki a tollból?

AZ ÉLŐ RENDSZEREK tartalmi területen a tudás alkalmazását mérő feladatokban az 5–6. évfolyamon vizsgálhatjuk a mikroszkopikus élőlényekre vonatkozó elemi szintű tudás alkalmazását. Kérhetünk példákat a mindennapi környezetünkben való jelenlétükre, hasznos és káros szerepükre. Ilyen például az *A45. feladat*, amely az élelmiszerek tárolásával kapcsolatos mindennapi tudás tudományos magyarázatát kéri.

A45. feladat

Sok élelmiszer szobahőmérsékleten (20°C) gyorsan, már pár óra alatt romlik. Miért tarthatók el hosszabb ideig hűtőszekrényben az élelmiszerek?

Mert 4°C körüli hőmérsékleten lassúbb...

- a vitaminok bomlása;
- a mikrobák szaporodása;
- az anyagok kiszáradása;
- a részecskék mozgása.

Az élőlények további csoportjai, a növények, állatok, gombák esetében is fontosak azok az alkalmazási feladatok, amelyek az adott élőlény-csoport sokrétű szerepének megértését vizsgálják (pl. a növények szerepe az egészségmegőrzésben, mezőgazdaságban és iparban; az állatok szerepe az ember életében, a mezőgazdaságban, iparban; a gombák egészségügyi, mezőgazdasági és ipari jelentősége). A növények és az állatok életfeltételeiről tanultak jól alkalmazhatók a gyerekek környezetében található élőlények (szobanövények, konyhakerti növények, kisállatok) kiválasztásában, gondozásában (*A46. és A47. feladat*).

A46. feladat

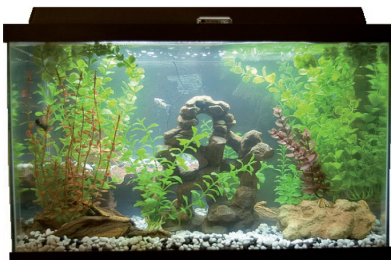
Dóri virágmagot vásárolt. A sokféle kerti virág közül a csillagfürtöt választotta, mert nagyon megtetszett neki a csomagoláson levő növény. Otthon az anyukája azt mondta, szép virágot választott, de az idén már nem érdemes elültetni a magokat. Miért?

Dóri eltette a magokat. A következő évben, a csomagoláson levő utasításokat követve elültette azokat. Kikeltek-e a magok? Válaszodat indokold!



Csillagfürt

A47. feladat



Laci a testvérével berendezett egy akváriumot. Egy idő után azt vették észre, hogy zöld lett az akvárium fala.

Mi okozhatta ezt a változást?

Hogyan lehet megelőzni, hogy újra bekövetkezzen ez a változás?

Az alkalmazási feladatok témái között ebben az életkorban is jelen vannak az egészséges életmóddal, az egészségtani ismeretekkel kapcsolatos témák. Ilyen például a sportágak, edzési módok megválasztásánál a kamaszkori mozgásszervszerről tanult ismeretek alkalmazása (pl. a súlyozás, testépítés veszélyei); a korosztályba tartozó gyerekek étkezési szokásainak és fizikai aktivitásának összehasonlítása az általánosan elfogadottal, az adott életkorban javasolttal; a baleseti kockázatok csökkentésének lehetőségei otthon, iskolában, egyéb közösségekben; a hatékony személyes egészségstratégiák (pl. megfelelő alvás, ergonómia, biztonságos napozás, kézmosás, hallásvédelem) alkalmazása. További témák, amelyeknek már társadalmi vonatkozásaik is vannak: az alkoholfogyasztás, a dohányzás és más drogok hatásaira vonatkozó hiteles információk és azok forrásainak felismerése; a környezeti feltételek személyes egészségre gyakorolt hatásainak elemzése; a személyes egészség szokásokat befolyásoló belső és külső hatások azonosítása.

A FÖLD ÉS A VILÁGEGYETEM tartalmi területen a térbeli tájékozódás témakörben szerzett tudás alkalmazásának vizsgálatára számos lehetőség adódik. Például tervrajzkészítés a valós tér átalakításáról; eligazodás terepen térképvázlattal, útvonalvázlattal; navigálás a terepen/virtuális térben; helyek beazonosítása térképi rajzos információk alapján; tájékozódás a térképen, jelrendszer alapján; objektum megtalálása térképen névmutató alapján, beazonosítása különböző funkciójú térképeken keresőhálózat segítségével. Az A48. feladat egy hétköznapi útbaigazítási szituációban vizsgálja a térelemek helyzetének viszonyítását.

A48. feladat

Eltévedt kirándulók útbaigazítást kértek egy nagyvárosban. A járókelőtől halott információt igyekeznek lerajzolni egy papírlapra. Rajzold be a négyzetbe, hogy milyen térképvázlatot készíthettek! A nyíl az északi irányt jelöli.

A járókelő a következő útbaigazítást adta: „Haladjanak tovább ezen az úton egyenesen még kétszaroknyit észak felé. A lámpánál forduljanak balra, majd a harmadik kereszteződésnél jobbra. Ott még háromszáz métert kell haladni, és a templommal szemben találják a szállodát.”



Gyakori autentikus szituáció, amikor útitervet kell készíteni, útvonalat tervezni térképi (pl. domborzati, közigazgatási, turistatérkép) információszerzéssel (A49. és A50. feladat). Együttesen vizsgálható a térbeli és az időbeli tájékozódás az utazási idő tervezésével, a térképi távolság meghatározásával, a kiindulási és a célpont közötti lehetséges útvonalak elemzésével.

A49. feladat

Katit a barátnője, Anna születésnapjára hívta. Kati még sohasem járt náluk, ezért megkérdezte tőle, hogyan lehet eljutni hozzájuk. A következő választ kapta:



Az Orelló utca 22. szám alatt lakunk. Jöhetsz a Tómelék utca, a Muskotály utca vagy a Csabagyöngye utca felől is.

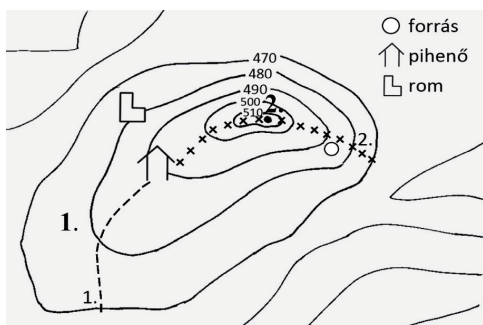
Kati megnézte térképét, hogy melyik a legrövidebb út.

Írd le az útvonalát!

Az *A50. feladat* megoldásához a tanulónak először le kell olvasni a turistatérképről, hogy a 2. számú útvonalon nagyobb a szintkülönbség. Majd ezt követően kerülhet sor annak megállapítására, hogy ez az út a meredekebb, azon menni fárasztóbb, ezért valószínűleg lassabban haladunk. A javasolt útvonal kiválasztása objektív (kevésbé meredek, kiépített pihenő van stb.) és szubjektív (szebb környezetben van, kényelmesebb stb.) szempontokon alapuló érvek ütköztetésére ad lehetőséget.

A50. feladat

A természetjáró szakkör tagjai kirándulást szerveznek a környékbeli kilátóba. A kilátóba két útvonalon lehet eljutni. Miután megnézték a turistatérképen, kisebb vita alakult ki, hogy melyik úton menjenek.



Dani: Menjünk a rövidebb, 2. úton, mert hamarabb felérünk.

Kati: Lehet, hogy az út rövidebb, de nem biztos, hogy gyorsabb.

Mire gondolt Kati? Miért tarthat hosszabb ideig feljutni a kilátóba a 2. útvonalon? Melyik útvonalat javasolod a tanulóknak? Válaszodat indokold!

Térbeli tájékozódás jól mérhető modellkészítéssel is. Például modellkészítés homokból, gyurmából vagy papírból tervrajz vagy megvalósítási vázlat alapján (pl. medencevidékről, közlekedési hálózatról, vízerőműről és környezetéről).

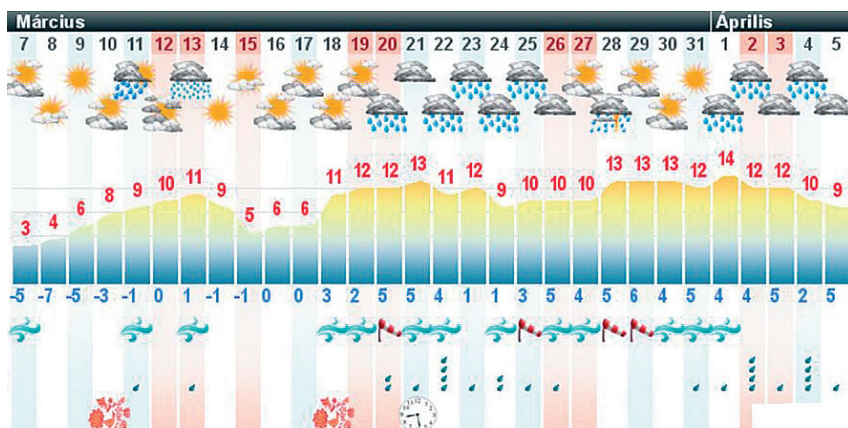
Szintén a képi információ feldolgozására, az ábraolvasásra mutat példát az *A51. feladat*. Ezúttal a feladat megoldásához az éghajlat és elemek időbeli változására vonatkozó tudás személyes életben való alkalmazása szükséges.

A51. feladat

A hatodikosok márciusban négy napra erdei iskolába mennek. A 30 napos időjárás-előrejelzés alapján két időpontot választottak ki.

március 8–11. március 28–31.

Fogalmazz meg két érvet a választott időpontok mellett az ábra alapján!



A tudás alkalmazásában fontos szerepet játszanak a természettudományos tudáson, tájékozottságon alapuló döntések. Az *A51. feladatot* könynyíti a választási lehetőség felkínálása, konkrét időpontok megjelölése. Az érvelés így a megadott időjárás-előrejelzés elemzésén alapul, és kizártuk a szubjektív, nem a természettudományhoz kapcsolódó szempontokat (pl. szabad hétvége). A feladatot úgy is átalakíthatjuk, hogy nem kínálunk fel időpontokat, a tanulóra bízunk az általa legmegfelelőbbnek tartott négy nap kiválasztását, és kérjük a döntési szempontok felsorolását és annak elemzését, hogy a kiválasztott négy nap mely szempontok szerint a legmegfelelőbb, mely szempontok szerint nem a legjobb, de elfogadható.

Tudás alkalmazása realizisztikus feladatokban, társadalmi kontextusban

A természettudományos tudás alkalmazását olyan területeken is vizsgáljuk, melyeknek konkrét szerepük van a társadalom fenntartásában, fejlődésében, valamint a felelős állampolgári gondolkodás és viselkedés kialakításában. Az ötödik fejezet elején utaltunk arra, hogy a tanulók a természettudományok tanulásának kezdeti szakaszában is szerezhettek olyan tudományos ismereteket, példák segítségével felismerhetnek olyan

alapvető összefüggéseket, amelyek megalapozzák a tudomány, társadalom és a technika kapcsolatáról szerzett tudásukat. Az 5–6. évfolyamon néhány alapvető társadalmi szintű természettudományos kérdés kerül elő egyszerű formában. A feladatok kezdetben egyszerűbb, majd az életkori szakasz vége felé összetettebb problémák. Gyakoriak a nyitott, saját véleményyt, indoklást, érvelést kérő feladatok.

A tudás alkalmazásának társadalmi dimenzióját vizsgáló feladatokban a szituáció, a téma kiválasztásakor, mint azt a PISA-vizsgálatokban is tették, a társadalmi szempontokon túl azt is szem előtt kell tartani, hogy azok a tanulók számára ismerősek, érthetőek, érdekesek és fontosak legyenek, illeszkedjenek tapasztalataikhoz és értelmi képességeik fejlettségi szintjéhez. A társadalmi kontextusba sorolható jelenségek, történetek többsége nem része az 1–6. évfolyamos tanulók hétköznapijainak, a tanulók számára nem átélt élethelyzetek, nem autentikus problémák. Különösen igaz ez a globális, az emberiség egészét érintő kérdésekre (pl. a Föld túlnépesedése, az energiatartalék vagy az ivóvízkészlet problémája). A globális kontextushoz sorolható feladatok, mivel jelentős mennyiségű szaktudományi ismeretet és komplex gondolkodást, a természettudományoknak más tudományterületekkel történő összekapcsolását, társadalmi, gazdasági szempontok együttes mérlegelését igénylik, az 1–6. évfolyamokon az életkori sajátóságok miatt csak korlátozottan alkalmazhatók. Csak a későbbi életkori szakaszokban, a természettudományok tanulásának vége felé várható el a tudomány, társadalom, technika közötti bonyolult összefüggések felismerése, a természettudományos kutatások társadalmi, gazdasági hatásainak elemzése, értékelése, a bonyolult technológiai folyamatok ismerete, a tudományos és az egyéb szempontokat is mérlegelő, megalapozott döntések meghozatala.

A tudás alkalmazásának értékelése társadalmi kontextusban az 1–2. évfolyamon

A társadalmi kérdések ebben az életkori szakaszban a tanulók közvetlen környezetéhez kapcsolódnak, olyan szituációkhoz, amelyeket a tanulók megértenek, olyan tevékenységekhez, amelyeket maguk is gyakorolnak. Kérhetjük például a hulladékgyűjtés szabályainak alkalmazását (452. feladat) vagy néhány egyszerű, a tanulók által ismert technológia közül az energiatakarékos megoldás kiválasztását, például az ivóvízzel (453. feladat), az elektromos árammal vagy a főzésre, fűtésre használt földgázzal való takarékoskodás módjainak felismerését.

A52. feladat

Az iskolában szelektív szemetgyűjtés van. Rakd a felsorolt hulladékokat a megfelelő gyűjtőedénybe!



tejeszacskó
reklámújság
használt teafilter
joghurtos doboz
almacsutka
pénztárblockk

A53. feladat

A tiszta édesvíz egyre nagyobb kincs a Földön. Mikor takarékoskodunk a vízzel, és mikor pazaroljuk azt?

Folyóvízben mosogatunk.
Megjavítjuk a csöpögő vízcsapot.
Összegyűjtjük öntözéshez az esővizet.
Gondosan elzárjuk a vízcsapot.
Zuhanyozás helyett fürdünk.

Már ebben az életkori szakaszban is vizsgálhatjuk a természeti és a társadalmi környezet közötti kapcsolat felismerését, kérhetünk példákat annak igazolására, hogy az ember az élő természet része, tevékenységével hatással van környezetére (pl. fák kivágása, folyóvizek szennyezése). A technológiai folyamatok megértését készítik elő azok a feladatok, amelyek egy folyamat részekre bontását, az egyes lépések sorrendjének megadását kéri, ilyen például egyszerű algoritmusok létrehozása (pl. saját napirend tervezése) vagy egy jól ismert tevékenység (pl. tea készítése) elemekre bontása.

A tudás alkalmazásának értékelése társadalmi kontextusban
a 3–4. évfolyamon

A közvetlen környezetet érintő kérdések (pl. a természet védelmének fontossága, védett helyi természeti értékek) mellett társadalmi és globális problémák is megjelennek a tananyagban. Például káros anyagok kibocsátása a közlekedésben, az energiatermelésben, a mezőgazdasági és ipari termelésben; szelektív hulladékgyűjtés; környezetkímélő gazdasági

termelés, életmód (*A54. feladat*). Konkrét példák alapján a tanulók képesek kapcsolatot keresni az ember tevékenysége és a természet veszélyeztetettsége között (*A55. feladat*); összefüggésbe tudják hozni az anyag, energia hasznosítását, illetve a természeti környezet megismerhetőségét a tudomány és a technológia fejlettségével; felismerik az ember szerepét a környezetében élő élőlények életfeltételeinek alakításában (pl. madár-eteretés, vadvédelem). Fontos cél, hogy a tanulók figyeljenek azokra a hírekre, amelyek a környezettel foglalkoznak, véleményt alkossanak egy-egy problémáról, annak megoldási módjairól, illetve gyakorolják a technológiai folyamatok szervezését hétköznapi szituációkon keresztül. Ilyen például az egyszerű, a tanulók által jól ismert tevékenységek (leckeírás, vásárlás) lépésekre bontása, a lépések sorrendjének meghatározása (*A56. feladat*) vagy megadott anyagokból és műveletekből egyszerű tevékenység sor összeállítása (pl. a vajás kenyér készítésének lépéseit és a szükséges anyagokat tartalmazó szókkártyák sorba rendezése, illetve egy-egy anyag vagy művelet módosításával más „termék” létrehozása).

A54. feladat

Napjainkban egyre több biozöldség, biogyümölcs kapható.

Miért ajánlott ezek fogyasztása?

Miért mondjuk azt, hogy a biogazdálkodás környezetkímélő?

Miért drágábbak a biotermékek?

A55. feladat

Gábor a családjával a Pilisben kirándult. Útközben elmentek az alábbi tábla mellett. Később egy tágas tisztásra érve elhatározták, hogy szalonnát sütnék. Mivel már két hónapja nem esett eső, könnyen találtak száraz ágakat. A tisztás közepén kövekkel kirakott tűzrakó helyet készítettek, megsütötték a szalonnát, majd eloltották a tüzet.

Miben hibáztak? Indokold a választ!

Milyen következményei lehettek volna ennek az esetnek?



A56. feladat

A gyerekek húsvéti tojást festettek. Az egyik csoport piros tojásokat festett tojásfestékkel, a másik rózsaszínűeket csipkebogyóteával. Válogasd ki azokat a lépéseket, amelyeket mindkét csoport elvégzett a tojásfestés során!



- A tojásokat alaposan megmosták, leöblítették.
- A tojásokat sós vízben 10 percen át főzték.
- A festékport forró vízzel és egy evőkanál ecettel elkeverték.
- A tojásokat 15 percig a festékben hagyták.
- Csipkebogyóteát készítettek.
- A tojásokat 20 percig a teában áztatták.
- A tojásokat olajjal vagy zsírral bekenték.

Miért ajánlott a tojások színezéséhez természetes anyagokat, például csipkebogyót, vöröshagymalevelet vagy narancshéjat használni?

A tudás alkalmazásának értékelése társadalmi kontextusban az 5–6. évfolyamon

Az 5–6. évfolyamon számos példával bemutatható hogy az ember nemcsak alkalmazkodik környezetéhez, hanem át is alakítja azt. Segíthető annak a felismerése, hogy az ember felelős a környezet formálásának, átalakításának hatásaiért, a környezet fenntarthatóságáért; a környezet állapota és az ember egészsége összefügg egymással. A tanulók képesek megérteni, hogy mindenki felelős önmaga és társai egészségéért; fel tudják ismerni a mindennapi életvezetés, az életmód és a későbbi egészségi állapot, valamint az életkilátás közötti összefüggést; a jelen hatását a jövőre.

Ebben az életkorban már bonyolultabb, a közvetlen környezetben nem feltétlenül tapasztalható környezetvédelmi problémák tárgyalására is sor kerülhet. Például a zajszennyezés; az élővizek és a talaj szennyezése nehézfémvegyületekkel, nitrátokkal; a levegő szennyezése szilárd részecskékkel, gázokkal; a nyersanyagok és a nem megújuló energiahordozók készleteinek kimerülése; alternatív energiaforrások; a globális felmelegedés környezeti és társadalmi következményei. A környezetvédelmi témák tárgyalása ebben az életkori szakaszban már magában foglalja a környezetre és az élőlényekre gyakorolt hatás elemzését, valamint a megelőzés és a kárelhárítás módjainak megismerését.

A tudomány és a technológia összefüggéseinek felismerését segíti annak megmutatása, milyen célra lehet használni az egyes anyagokat (pl. a hasznosítható közetek, ásványi nyersanyagok, energiahordozók tulajdonságai és felhasználhatóságuk kapcsolata), illetve hogyan lehet adott célnak megfelelő új anyagokat, eszközöket fejleszteni (pl. úrkutatás, távközlés, gyógyászati segédeszközök). Példákon keresztül már az 5–6. évfolyamon is szemléltethetők az ipari méretű árutermelés környezeti, gazdasági, társadalmi hatásai, a technológiai fejlődés pozitív és negatív következményei. Konkrét szituációk, egyszerűbb problémák esetében elvárható az információk, adatok elemzése, a döntés, a megoldási lehetőségek közötti választás és annak indoklása. A természettudományos kutatásokhoz való viszony alakítható olyan példákkal, amelyek tudósok életét, munkásságát mutatják be, és felfedezéseik mindennapi életre, társadalmi fejlődésre gyakorolt hatását érzékeltetik. Minden természettudományos diszciplína kínál lehetőséget arra, hogy a tanulók felismerhessék a természettudományos kutatások jelentőségét a környezeti problémák megoldásában, a természeti és az épített környezet védelmében; és lássák, hogyan alkalmazhatók a természettudományos ismeretek a mindennapokban.

A tudás alkalmazásának vizsgálata során az 5–6. évfolyamon kérhetjük példák gyűjtését az élet különböző területein (pl. gyógyászat, úrkutatás, számítástechnika, autógyártás, élelmiszer-, építőipar) használt anyagokra, azok jellemzőire; olyan kutatásokra, amelyekben új funkciókra új tulajdonságokkal rendelkező anyagokat fejlesztenek (pl. különféle műanyagok, félvezetők, szupravezetők). Az anyagok jellemzőit és felhasználásukat vizsgáló alkalmazási feladatokban az anyagok fizikai jellemzőin kívül gazdasági, esztétikai, környezeti szempontok (*A57. feladat*), a használati tárgyak mellett a közösségi célokat szolgáló tárgyak is megjelennek (*A58. feladat*).

A57. feladat

Napjainkban a különböző termékek széles választéka kapható. Aki körültekintően vásárol, többféle szempontot vesz figyelembe.

Milyen szempontokat mérlegelünk, ha kerti bútort szeretnénk vásárolni, és az áruházban sokféle – műanyag, fa és fém – kerti bútor is van? Válaszodat indokold!

A58. feladat

A vasúti átjárók jelzőtábláit sokszor ellopják a fémtolvajok, így veszélybe sodorják mások életét. Milyen tulajdonságokkal kell rendelkeznie annak az anyagnak, amellyel helyettesíteni lehetne a fémeket a táblák készítésekor? Miért?

rugalmas olcsó színes kemény tartós



Az 5–6. évfolyamon az iskolában tanultakra és a tapasztalati tudásra alapozva már foglalkozhatunk olyan összetett problémával, mint a hulladékkezelés. Az A59. feladatban a lebomló és a nem lebomló műanyagok használatával kapcsolatban számos környezetvédelmi, társadalmi és gazdasági érv sorakoztatható fel. A megfogalmazott érvek és ellenérvek képet adnak a tanulók tájékozottságáról, ismereteiről, természettudományos gondolkodásáról, jelzik a témához való érzelmi viszonyulásukat is.

A59. feladat

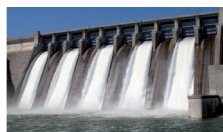
Napjaink egyik legnagyobb problémája a hulladék, a szemét kezelése. Ma már készülnek csomagolóanyagok biológiailag lebomló műanyagból is. Sorolj fel érveket a biológiailag lebomló és nem lebomló műanyagok használata mellett!

Az alternatív energiaforrások alkalmazási lehetőségeinek elemzése (pl. természeti adottságok, előnyök, hátrányok) az egyik alapvető téma a társadalmi dimenziót vizsgáló feladatokban (A60. és A61. feladat).

A60. feladat

A Föld Napján rendezett vetélkedőn a megújuló energiaforrások is szerepeltek. A csapatok a szél, a Nap és a víz energiájának hasznosítási lehetőségeit elemezték az egyik feladatban.

Milyen természeti adottságok szükségesek ahhoz, hogy energiát lehessen termelni szélkerékkel, napelemmel, vízi erőművel?



Hazánkban mely megújuló energiaforrásokat lehet gazdaságosan kihasználni? Miért?

A61. feladat

Magyarország egyedülállóan gazdag termálvizekben. A termálvíz vagy hévíz olyan rétegvíz, amely 30°C-nál magasabb hőmérsékletű.

Honnan származik a termálvíz energiája?

Milyen előnyei vannak, ha termálvízzel fűtünk?

A környezet szempontjából:

A gazdaság szempontjából:

A környezetvédelmi témákhoz kapcsolódva mérhetjük az emberi tevékenység környezetre és az élőlényekre gyakorolt hatásának elemzését, valamint a megelőzés és a kárelhárítás módjainak megismerését (*A62. feladat*).

A62. feladat

Hosszú ideig tartó szárazság idején gyakoriak az erdőtűzek.

Milyen károkat okozhat az erdőtűz?

Természeti károk:

Gazdasági károk:

Milyen módon lehet megelőzni az erdőtűzeket?



A társadalmi kontextusban megjelenő problémák többsége összetett, megoldásukhoz gyakran más tudományterületekhez (pl. matematika, közgazdaságtan) tartozó tudás alkalmazása is szükséges. Ilyen összetett probléma például a szőlőművelés mint mezőgazdasági tevékenység természeti, gazdasági és társadalmi következményeinek felismerése az *A63. feladatban*.

A63. feladat

A Balaton északi partján fekvő dombokon a szőlőt a part közelében a lejtő irányában haladó sorokban telepítették. Rövid idő múlva a közeli partszakaszt benőtte a nád.

Miért jelentek meg a nádasok a szőlőművelés következtében?

Mit kell tenni, hogy csökkentsük a szőlőművelésnek a tóra gyakorolt hatását?

Milyen gazdasági következményei lehetnek, ha a tóban elszaporodnak a növények?

Az *A64. feladatban* szintén egy hétköznapi probléma jelenik meg, amely a közlekedéstervezés bonyolult témája kapcsán mutat példát társadalmi szintű kérdések vizsgálatára. A felmerülő költségek kiszámításához a matematikatudás alkalmazása, a további kérdések megválaszolásához gazdasági (pl. egy főre jutó költség), természettudományos (pl. környezetszennyezés, energiatakarékosság) szempontok és az egyéni igények (pl. utazási idő, kényelem) együttes figyelembevétele szükséges.

A64. feladat



Egy szegedi iskola tornászai a várostól 50 km-re levő Szegvára készülnek a Diákolimpia elődöntőjére. A vezető és a szülők azon tanakodnak, mivel utazzon a 38 fős csapat. Béreljenek autóbust vagy személyautókkal menjenek? A döntéshez a következő táblázatot állították össze.

Számítsd ki a hiányzó adatokat!

	Autóbusz	Személyautó
Férőhelyek száma	48 fő	5 fő
Bérleti díj	5 500 Ft/km	–
Üzemanyag	gázolaj	benzin
Fogyasztás 100 km-en	30 liter	8 liter
Üzemanyagár	375 Ft/liter	390 Ft/liter
A megtett kilométer	100	100
A szükséges üzemanyag mennyisége	liter	liter
A szükséges üzemanyag ára	Ft	Ft
Az utazás költsége	Ft/fő	Ft/fő

Melyik jármű, az autóbusz vagy a személyautó mellett szólnak a következő szempontok?

- környezetbarát
- energiatakarékos
- kisebb az egy főre jutó költség
- rövidebb a menetidő

Te melyik járművet választanád? Miért?

A technológiai folyamatok megismerése, vizsgálata ebben az életkori szakaszban is folytatódik. Az *A65. feladat* az energiával való takarékos-

kodás felismerésére mutat példát egy hétköznapi tevékenységsorban. Megadott tevékenységsorok elemzése mellett kérhetjük azok önálló tervezését is: például akcióterv kidolgozása a társadalmi környezetben való környezettudatos viselkedéshez kapcsolódva az iskolai szelektív hulladékgyűjtés vagy az iskolai madárvédelem, parkosítás megszervezéséhez.

A65. feladat

Ebédre sajtos csirkemellet készítünk párolt zöldséggel. Kiveszünk a mélyhűtőből egy csomag csirkemellet, amit az elkészítés előtt ki kell olvasztanunk. Ezt különbözőképpen tehetjük.

Meleg vízzel teli tába rakjuk.

Mikrohullámú sütőben melegítjük.

Hideg vizet csorgatunk rá.

Pár órára a konyhaasztalon hagyjuk.

Melyik eljárással lehet a leggyorsabban kiolvasztani a húst?

Melyik a legolcsóbb eljárás?

Mitől függ, hogy melyiket választjuk, ha bármelyik eszköz rendelkezésünkre áll? Válaszodat indokold!

A technológiai folyamatok megértésének vizsgálata ebben az életkori szakaszban már összetettebb problémákra is kiterjedhet. Az *A66.* és *A67. feladat* aktuális, számos gyerek számára feltehetően autentikus téma megértését vizsgálja komplex formában, egyesítve a technológiai, gazdasági és környezeti szempontokat. Ezekben a feladatokban megjelennek a globális problémák is.

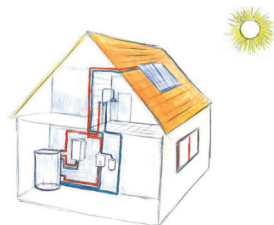
A66. feladat

Évtizedek óta jelentős kutatások és fejlesztések folynak a napenergia hasznosítására, de a napkollektorok csak néhány éve kezdtek megjelenni a házak tetjén.

Hogyan hasznosítják a képen látható családi házban a napenergiát?

Magyarországon a napkollektorok mellett mindig kell alkalmazni kiegészítő fűtést (pl. földgázzal, fával) is. Miért?

A jelentős többletköltség ellenére miért fontos, hogy elterjedjen a napelemek alkalmazása?



A67. feladat

Az állam a panelprogram keretében támogatja a panelházak felújítását.

A nyílászárók korszerűsítése, az épületek hőszigetelése után a lakásokban melegebb lesz, és a lakók kevesebbet fizetnek a fűtésért.

Miért lehet olcsóbb a lakások fűtése?

Miért támogatja az állam a panelházak szigetelését?



A természettudomány tartalmi területei a diagnosztikus értékelés szempontjából

A szaktudományi tudás mérése az 1–2. évfolyamon

Élettelen rendszerek

A testek és az anyagok tulajdonságai, a tulajdonságok vizsgálata

AZ ANYAG az a szubsztancia, amelyből a fizikai világ felépül. Az anyaggal kapcsolatos ismeretek alapvetőek mind a tudományban, mind a hétköznapi életben, ezért a természettudomány tanulása szempontjából ez az egyik kulcsfontosságú témakör. Az 1–6. évfolyamon az anyagok, anyagi rendszerek legfontosabb tulajdonságainak (pl. sűrűség, szín, elektromos vezetőképesség, keménység, hajlíthatóság, hővezető képesség, olvadáspont, forráspont adott nyomáson) megismerésére és azok vizsgálatára; a halmazállapotok és a halmazállapot-változások jellemzésére; valamint az anyagok tulajdonságai és felhasználásuk közötti kapcsolat megismerésére (pl. adott célhoz megfelelő tulajdonságokkal rendelkező anyagok keresése) kerül sor.

Az iskolába lépéskor a gyerekek már számos ismerettel rendelkeznek a körülöttük lévő tárgyakról, ismernek különböző anyagokat, anyagfajtákat, ugyanakkor fogalmaik (tárgy, anyag, anyagfajta) még nem különülnek el. Az anyag kifejezést gyakran leszűkítve használják, például anyag kapcsán a textíliára gondolnak, amelyből a ruha készül, vagy az építőanyagokra, amelyekből a ház. Az 1–2. évfolyamon megkezdődik a tárgy/test és az anyag fogalmának különválasztása konkrét használati tárgyak

tanulmányozása révén. Ezt segíti a tárgyak érzékelhető tulajdonságainak (pl. méret, alak, hosszúság, tömeg, felület, szín, anyag) felsorolása, anyagainak felismerése, megnevezése, valamint az élő és az élettelen dolgok megkülönböztetése életjelenségek alapján. Már ebben az életkori szakaszban lényeges annak a felismerésnek az elősegítése, hogy az élőlényeket (beleértve az embert is) anyagok építik fel; anyagok alkotják a természeti környezetet, például a földfelszín is.

AZ ANYAGFAJTÁK ÉS AZ ANYAGI TULAJDONSÁGOK ismerete mérhető, ha a tanulóktól azt kérjük, válasszák ki a felsorolásból az adott tárgyak anyagára jellemző tulajdonságok nevét; adott anyagból készült tárgyakat színezzenek ki rajzon, vagy rajzoljanak le adott anyagból készült tárgyakat. Az anyagfajták szerinti csoportosításról meggyőződhetünk a *D1. feladat*tal, ami nehezebb, ha az anyagfajtákat is a tanulóknak kell megnevezniük. Egyszerűbb esetekben már ebben az életkorban is kérhetjük annak eldöntését, hogy egy-egy tulajdonság (pl. alak, méret) a tárgy vagy az anyag tulajdonsága-e.

D1. feladat

Csoportosítsd a tárgyakat anyaguk szerint!

könyvespolc kulcs papírdoboz kanál fogkefe
ásványvizes flakon radiátor



A HALMAZÁLLAPOTOKKAL való ismerkedést előkészíti a víz három halmazállapotának ismerete, illetve annak megfigyelése, hogy a szilárd testek alakja megváltozhat külső hatás következtében: a testek összetörhetők, hajlíthatók, nyújthatók, összenyomhatók, téphetők; valamint e tulajdonságok mentén nagy eltérés tapasztalható az anyagok között.

Az anyagok tulajdonságainak megismerése megfigyeléseken, vizsgálatokon keresztül zajlik, ami nemcsak az anyagok megismerését, hanem a FIZIKAI TULAJDONSÁGOK MÉRÉSÉHEZ szükséges készségek elsajátítását is lehetővé teszi. Méréssel, mértékegységekkel minden tanuló találkozik a hétköznapiakban is, például vásárláskor, főzéskor vagy orvosi vizsgálaton, ám a fizikai mennyiségek pontos elnevezéseit, mértékegységeit, a mérés,

mérőeszköz, mérési hiba fogalmát csak később, az iskolai tanulmányok során sajátítják el. A mértékegységek megtanulásának alapvető feltétele a hosszúság, tömeg, hőmérséklet, térfogat fogalmak megfelelő használatának elősegítése. Gyakori a tömeg és a súly kifejezések keverése, a tömeg és a sűrűség fogalmának differenciálatlansága.

A mérés előtt célszerű a BECSLÉST gyakoroltatni, amire számos lehetőség nyílik az iskolában. Például a tanterem vagy a tanteremben található tárgyak méreteinek, tömegének, a tárgyak távolságának, a levegő hőmérsékletének, események időtartamának becslése; az egységnyi mértékegység nagyságának elképzelése vagy ugyanazon mennyiség más mértékegységben történő becslése. Fontos, hogy kialakuljon az egységnyi mértékegység megfelelő reprezentációja, és a tanulók össze tudják kötni az adott mennyiséget a megfelelő mértékegységgel (*D2. feladat*).

D2. feladat

Add meg a hiányzó mértékegységeket!

Az osztályterem magassága: 3

Egy kismadár tömege: 30

Egy ceruza hosszúsága: 16

A barátod tömege: 32

Egy autó tömege: 1100

1 kg tömegű víz térfogata: 1

Egy tankönyved tömege: 0,3

A becslés mellett játékos feladatokkal gyakorolható a mérés is. Kitálhatnak a tanulók megfelelő eszközöket a hosszúság vagy a térfogat mérésére, használhatják a méréshez saját testüket (pl. arasz, ujj, lépés) vagy készíthetnek mérőeszközt megadott eszközökből (pl. különböző tömegű tárgyak összehasonlítására alkalmas eszközt hurkapálca, fonal, kis műanyag tartók felhasználásával). Ebben a szakaszban elsősorban a hosszúság, a tömeg és a hőmérséklet mérésére kerül sor, illetve a térfogat mérésére folyadékoknál.

Az anyagok változásai: halmazállapot-változás, keverés, oldódás, égés

Az anyagok, testek tulajdonságainak változását számos megfigyelés, vizsgálat, kísérlet elősegítheti. A tapasztalatok megbeszélésekor lényeges a változás eredményének megfogalmazása (pl. a gumiszalag megnyúlt, a víz felmelegedett), a megváltozott tulajdonság (pl. hosszúság, hőmér-

séklet) és a változást okozó hatás (pl. megnyújtás, melegítés) megnevezése. Kezdetben a gyerekek a változások megfigyelésekor csak egy szempontra figyelnek, később több szempontot is figyelembe tudnak venni, és felismerik a megfordítható műveleteket.

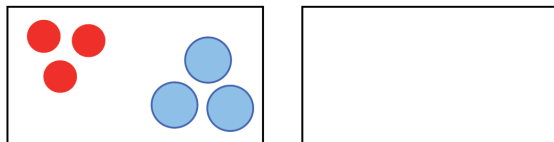
A HALMAZÁLLAPOT-VÁLTOZÁSOKKAL kapcsolatban számos tapasztalattal rendelkeznek a tanulók (pl. a vízpára lecsapódása, a víz megfagyása, elpárolgása, a jég megolvadása). Tudnak példákat felsorolni halmazállapot-változásokra, illetve hozzá tudják rendelni a halmazállapot-változás nevét az egyszerűbb folyamatokhoz. Nemcsak ebben az időszakban, hanem később is problémát jelent a szakkifejezések pontos használata: gyakori az olvadás és az oldódás szavak keverése. A halmazállapot-változások közül az olvadás és a fagyás megnevezése a legkönnyebb, a lecsapódásé a legnehezebb.

A tiszta anyagok egyfajta, a KEVERÉKEK többfajta részecskéből épülnek fel. A keverés az a folyamat, amikor két vagy több tiszta anyagból keveréket hozunk létre. Az alapfokú képzésben a keverés tanításának többféle célja van. Megismerkednek a tanulók a mindennapi élet szempontjából fontos keverékekkel (pl. csapvíz, tea, folyóvíz, talaj, levegő), a keverékek szétválasztásának egyszerű módszereivel, illetve előkészíthetjük a későbbi tanulmányokat – a vegyületek és a keverékek közötti különbség megértését –, ha segítjük annak felismerését, hogy a keverékekben az alkotók megtartják eredeti tulajdonságaik többségét.

Keverékekkel a legtöbb kisgyerek találkozott már az iskolába lépés előtt (pl. a süteménybe készült, darált dióból, cukorból, reszelt citromhéjból álló keverék; citromos tea; gyümölcsös joghurt stb.), a keverés/összekeverés fogalmát is gyakran használjuk a mindennapokban. Mind ezért a keverés és a keverékek tudományos fogalmának kialakításakor célszerű a tanulók által ismert példákra alapozni és elkülöníteni a „keverés”, „keverék”, „szétválogatás” fogalmakat. Kezdetben olyan keverékekkel foglalkozunk, amelyek szemmel láthatóan keverékek (makroszintű keverékek). Ebben az életkori szakaszban ki tudják választani a tanulók az általuk ismert dolgok (pl. üveg pohár, fakanál, húsleves, mákos tészta, virágföld, vizes homok, Lego építőelem) közül a keverékeket, illetve a különböző műveletek ábrái közül azt, ahol keverés történik. A keverés fogalmának elemi szintű reprezentációját vizsgálja a *D3. feladat*.

D3. feladat

A lap két sarkában piros és kék köröket látsz. Rajzold le a jobb oldali keretbe, hogyan helyezkednek el ezek a körök, ha összekeverjük a piros köröket a kék körökkel!



Az OLDÓDÁS az a folyamat, amelynek során az oldandó anyag és a cseppfolyós halmazállapotú oldószer részecskéi egymással elkeverednek. Az oldódás folyamatának megértése több fokozaton keresztül zajlik, tudományos szintű értelmezése csak a részecskemoddellel lehetséges. A cukor és a só oldódásával kapcsolatos gyermeki magyarázatok elemi szintjét jelentik a nem-megmaradás típusú értelmezések: „a vízbe tett kockacukor eltűnik, semmivé válik”. Számos esetben megfigyelhető az anyag és a tulajdonság szétválasztása: „a cukor eltűnt, de az íze ott maradt”. A fogalmi fejlődés magasabb szintjét jelenti a „vízzé válik, folyadékká válik” típusú értelmezés, hiszen ebben már tükröződik az anyagmegmaradás törvénye.

Az ÉGÉSSSEL kapcsolatos ismeretek ebben az életkori szakaszban a tapasztalatokhoz, megfigyelésekhez, az égés érzékelhető jeleinek azonosításához kapcsolódnak. A hétköznapiokból ismert anyagokról a tanulók el tudják dönteni, hogy azok éghetők-e vagy sem; megtanulják a tűzoltás szabályait és a segítségkérés módjait tűz esetén. Az anyagok változásának későbbi megértését elősegíti, ha már ebben a szakaszban példák segítségével megkezdjük a melegítés és az égés fogalmának elkülönítését.

Kölcsönhatások

Az 1–6. évfolyamon a kölcsönhatások közül a mechanikai, a termikus, az elektromos, a mágneses, a gravitációs és az optikai kölcsönhatás jelenik meg konkrét jelenségek tárgyalásakor (pl. hőmérséklet-kiegyenlítődés; a Föld mágneses mezeje; gravitáció; fényvisszaverődés). A kölcsönhatások tanulmányozása ebben az életkori szakaszban nagyon leegyszerűsített, a test-test, illetve a test-mező kölcsönhatások tárgyalása lehetséges, és csak azok az esetek, amikor a két partner között egyetlen kölcsönhatást

értelmezzük. Példákon keresztül már az 1–2. évfolyamon rámutathatunk arra, hogy a testek és az anyagok tulajdonságai külső hatásra megváltoztathatók; a kölcsönhatásban a részt vevők megváltoznak, és állapotváltozásuk ellentétes (pl. ha az egyik test felmelegszik, a másik lehűl). A kölcsönhatások közül a legkönnyebben észlelhető a testek mozgása és mozgásállapot-változása. A gyerekek képesek annak felismerésére, hogy egy test helyzete megváltozhat, és konkrét esetekben azonosítani tudják a testek mozgásállapot-változását. Példákat tudnak felsorolni mozgásokra, és elkülönítik az önmozgással rendelkező tárgyakat az élőlényektől.

Az energia

A klasszikus fizika szerint az energia a fizikai objektumok egyik skalár jellegű állapothatározója, amelynek összege – az energiamegmaradás törvényének értelmében – a világmindenség összes fizikai objektumát tekintve állandó. Az energia absztrakt fogalom, amelynek megalapozása az 1–6. évfolyamon konkrét példákon keresztül történik. Általános, számos kutatás által leírt jelenség, hogy amilyen módon a tudománytörténetben megjelent, úgy a gyerekek gondolkodásában is fellelhető az energiának, különösen a hőnek anyagként való kezelése. A gyerekek az energiáról úgy gondolkodnak, hogy az képes termelődni, átadódni, tárolódni, áramlani, felhasználódni. Kisiskolás korban gyakori, hogy az energiát a gyerekek az élő szervezetekhez kapcsolják, illetve keverik az erő fogalmával. A differenciálatlan fogalmakra például az egyik test „erőt ad át a másiknak”, a testnek „elfogy az ereje” kijelentések utalnak.

A tanítás során kezdetben a hétköznapi tapasztalatokra, az anyagszerűnek elképzelt energia fogalmára alapozhatunk. Ebből az anyagszerű elképzelésből lehet majd továbblépni és példákat mutatni az energiamegmaradásra, arra, hogy az energia felhasználása valójában átalakulást, az energia más formában való megnyilvánulását jelenti; az energiát nem termelik, előállítják, hanem átalakítják. Az 1–2. évfolyamon az energiafajtákkal való ismerkedés a hétköznapi életből vett példákon keresztül zajlik: tüzelőanyagok megnevezése, olyan háztartási, közlekedési eszközök felsorolása, amelyek elektromos árammal működnek; az elektromos energia hatásának felismerése a környezetre (pl. a lámpa világít, melegít); a fény terjedésének ismerete; mozgási energiával kapcsolatos példák felsorolása. Az élőlények életjelenségei kapcsán annak felismerése, hogy a táplálék energiaforrás, a fény pedig környezeti tényező, életfeltétel.

Élő rendszerek

Az élet kritériumai, az élőlények tulajdonságai

Az élőlényekkel foglalkozó tartalmi területen elengedhetetlen, hogy tisztázzuk, mi alapján különíthetjük el az élőlényeket az élettelen dolgoktól. Az élőlényfogalom tartalmát kevés számú jegy alkotja: életjelenségeket mutat, sejtes szerkezetű, környezetétől elválaszthatatlan, a természetben közösséget alkot. Terjedelmébe tartoznak a növények, az állatok, az emberek, a gombák és a mikroszervezetek.

A világ megismerésének kezdeti szakaszában a gyermekek élnek tekintenek minden olyan dolgot, ami mozog, figyelmen kívül hagyva, hogy magától vagy külső erők hatására mozog-e. Számos vizsgálat alátámasztja, hogy a kisgyermekek élőlényekről alkotott fogalmába nem tartoznak bele a mechanikus mozgást nem végző tárgyak. Később megtapasztalják, hogy nem minden mechanikai mozgást végző dolog élőlény, és nem minden élőlényre jellemző a mechanikai mozgás valamilyen formája (pl. futás, úszás, repülés, mászás). A gondolkodás ebben a szakaszban erősen tapasztalathoz kötött, a fogalmi jegyek nagy része perceptuális, és gyakran csak az egyedek kisebb csoportjára érvényes.

Vizsgálataink azt mutatják, hogy a 2. évfolyam végére a gyerekek döntő többségénél biztonsággal működik az élőlényfogalom megkülönböztető, azonosító funkciója, néhány tanuló tekinti csak a mozgó dolgokat (pl. repülőgép, Nap) élőlénynek. Ugyanakkor a növényeket és a gombákat gyakran még nem sorolják az élőlények közé, mivel nem jellemző rájuk a helyváltoztató mozgás. Például sok tanuló nem tekinti élőlénynek a lombosmohát, az erdei pajzsikát vagy a kalapos gombát. A 4. évfolyam végén már csak néhány tanulónál jelentkezhetnek ezek a problémák, azonban a közös halmaz (élőlények) megnevezése élőlényeket ábrázoló rajzok alapján még a 6. évfolyam végén is nehézséget okozhat.

Az 1–2. évfolyamon a tanulók gyakran reálisnak tekintik a potenciális vagy fiktív (pl. a mesében létező) dolgokat. Ezek megkülönböztetése fontos feltétele a valós dolgokra vonatkoztatható élő és élettelen fogalom elsajátításának (*D4. feladat*).

D4. feladat

Milyen tulajdonságokkal rendelkezik a róka a valóságban?

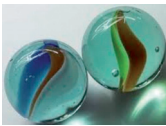


ravasz
ragadozó
beszél
vadon él
testét vörös szőr borítja

Az élőlények és az élettelen dolgok közötti különbségek az 1–4. évfolyamon az életjelenségekben ragadhatók meg. Az 1–2. évfolyamon a tanulók csak néhány életjelenséget (táplálkozás, mozgás, növekedés, szaporodás, elpusztulás) figyelnek meg a növényeken és az állatokon, ezek meglétét vizsgálva döntenek el, mi él és mi nem. Az élőlényfogalom fejlettsége a 2. évfolyam végén az élő és az élettelen dolgok megkülönböztetésével vizsgálható (D5. feladat).

D5. feladat

Mi él és mi nem él a képeken látható dolgok közül? Magyarázd meg, miért!



üveggolyó



kutya



moha



cserebogár



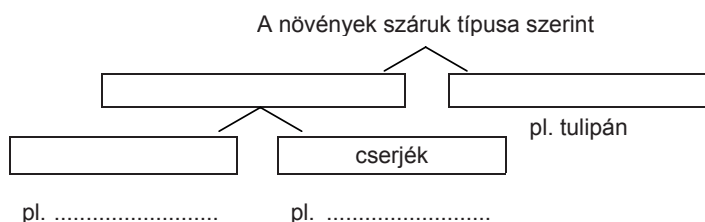
felhő

A növények testfelépítése, rendszerezése, életműködései, életfeltételei

A növények az élőlények külön csoportját képviselik, különböznek az állatoktól és a gombáktól. A kisiskolás gyermekek érdeklődését kevésbé váltják ki, mint az állatok. Mivel az 1–2. évfolyamon a gyerekek még nem képesek a részletek elvont értelmezésére, a növények fő típusaival (fás- és lágyszárú növények) ismerkednek meg. A növények jellemzése nem követi a szervezettani és rendszertani szempontsört, csupán az érzékelés útján leírható konkrét morfológiai jellegekre (méret, alak, szín, illat, felület) korlátozódik. Megfigyelések, példák alapján történik a növényi részek megismerése, a fás- és a lágyszárú növények közötti különbségek – melyek a növények csoportosításának alapját képezik (D6. feladat) – felismerése.

D6. feladat

Fejezd be a növények csoportosítását!



A termés és virág tudományos fogalmának meghatározása nélkül, az előzetes tapasztalati tudásra építve jellemzik a tanulók az egyes növényeket, nevezik meg a legismertebb virág- és terméstípusokat. A növények csoportosításában szempontként megjelenik az élőhely (erdő, mező és vízpartok), majd megjelennek az élőhelyeken belül a további alkategóriák (erdő: lombkoronaszint, cserjeszint, avarszint növényei; mező: lágyszárú növények, fűfélék; vízpartok: fás- és lágyszárú növények).

Az 1–2. évfolyamon a tanulók ismerik a növények és az állatok közötti főbb hasonlóságokat, különbségeket; fel tudnak sorolni néhány, közvetlenül megfigyelhető növényi életjelenséget (növekedés, fejlődés, szaporodás, elpusztulás). Képesek évszakokhoz kötni a növények életében bekövetkező változásokat (pl. tavasz: rügyfakadás, lombfakadás, virágzás; ősz: termés kialakulása, érése, lombohullatás), de megfigyeléseik csak a külső, makroszintű változásokra korlátozódnak.

Az állatok testfelépítése, rendszerezése, életműködései, életfeltételei

Az állati test felépítésének megismerése a megfigyelhető morfológiai jellegek leírásától a szervezettani, evolúciós és rendszertani szempontból lényeges jegyek irányába történik. Az 1–2. évfolyamon az állatok felismerése megjelenésük és főbb testtájai azonosítása alapján történik.

Az állatok rendszerezésére vonatkozó ismeretek a közvetlen környezettől a távolabbi élőhelyek, az ismert állatoktól a kevésbé ismertek irányába bővül. Az 1–2. évfolyamon a csoportosítás az élőhelyeken túl a nagyobb rendszertani csoportokba (emlősök, madarak, hüllők, kételtűek, halak, puhatestűek, rovarok) való besorolással történik a rendszertani kategóriák megnevezése nélkül, a besorolás alapjául szolgáló tulajdonságok megkeresésével (*D7. feladat*). Az állatok csoportosításának más,

nem rendszertani szempontjával is megismerkednek a tanulók, a védett állat fogalmát példákon keresztül értelmezik.

D7. feladat

Zsombor és Dalma a szurikátákról olvastak. Dalma nem tudta, hogy milyen állat a szurikáta. Zsombor az olvasottak alapján kitalálta, hogy emlős. Melyek azok a kifejezések, amelyek alapján Zsombor helyesen következtetett arra, hogy a szurikáta emlős?



A szurikáta Dél-Afrikában élő, kistermetű állat. Testhossza 30 cm. Szőrzete általában barnásszürke. Képes négy lábról két lábra ágaskodva hosszasan figyelni. Az anya 2-4 eleven utódot hoz a világra. A kis szurikáták 6 hetes korukig vesznek magukhoz anyatejet.

Az 1–2. évfolyamon a tanulók példák segítségével képesek felismerni, hogy az egyes állatcsoportok életműködései másként valósulhatnak meg, és az állatok életműködését, viselkedését a környezet és az évszakok változása befolyásolja.

A gombák felépítése és rendszerezése

A gombák élővilágban elfoglalt helyének, evolúciós szerepének megértése széles körű előismereteket kíván. Ennek megalapozása történik az általános iskolában, ahol a gombákra vonatkozó ismeretrendszer elsősorban az érzékelhető tulajdonságokkal kapcsolatos és a külső felépítésre korlátozódik, kiegészítve azt a gombák mindennapi életünkben betöltött szerepével.

Az 1–2. évfolyamon a kalapos gombák két legismertebb fajával, a gyilkos galócával és az erdei csiperkével ismerkednek meg a gyerekek. Megtanulják legfontosabb ismertetőjegyeiket és azt, hogy melyik ehető és melyik mérgező.

Az ember testfelépítése, életműködései, egészsége

AZ EMBER TESTFELÉPÍTÉSE, ÉLETMŰKÖDÉSEI témakör tanításánál az ember lényeges specifikus jegyei közül fontos kiemelni, hogy az embert az élőlény, közelebbről az állat fogalma alá rendelhetjük. Az ember az élővilágának legfejlettebb tagja, minden más élőlénytől megkülönbözteti

a nyelv (beszéd) és a gondolkodás. Fontos annak hangsúlyozása, hogy az ember is élőlény, tehát életjelenségeket mutat. Az életjelenségek megvalósulása az ember esetében is különböző szerkezeti elemekhez kötött. Az emberi szervezet eltérő feladatokra specializálódott szervekből, szervrendszerekből áll, melyek szoros kapcsolatban állnak egymással. A témakörön belül a tanulók megismerkednek az emberi test fő részeivel, azok funkcióival; az ember életműködéseivel és azok összefüggéseivel; az ember számára nélkülözhetetlen környezeti feltételekkel; a környezet változásainak az ember életére, illetve az emberi tevékenységek környezetre gyakorolt hatásaival.

Az 1–2. évfolyamon a tanulók már ismerik az emberi test testtájjait, azok részeit, a fontosabb külső és belső szervek nevét, helyét és funkcióját az emberi testben (*D8. feladat*). Képesek megnevezni a páros és a páratlan érzékszerveket, azok szerepét, leírás alapján ráismernek azokra. Megértik, hogy a bőr nemcsak érzékszerv, fontos szerepe van a szervezet védelemében is. Felismerik az emberi test mérhető tulajdonságait, azok változását (*D9. feladat*).

D8. feladat

Kapcsold össze a belső szerveket a feladatukkal!

agy	Kiválasztja a vizeletet.
gyomor	Lehetővé teszi a gondolkodást.
vese	Megemésztja a táplálékot.
	Áramoltatja a vért.

D9. feladat

Válaszd ki a felsorolt jellemzők közül azokat, amelyek jelzik a testméret változását!

cipőméret hajhossz testtömeg bőrszín fejkörfogat szemszín

A tanulók ismerik, hogy az egészséges ember testhőmérséklete milyen intervallumba esik, és tudják, mikor beszélünk lázról. Megtanulják, hogy az ember, akárcsak minden élőlény, életjelenségeket mutat. Az életműködések közül részletesebben tárgyalják a táplálkozást, mozgást, születést, növekedést, fejlődést és az érzékelést. Nemcsak azt vizsgálják, hogy mit mivel érzékelünk, hanem azt is, hogyan segíthetik az érzékszervek egymást és a tárgyak felismerését. Megismerik az emberi test alapvető rit-

musait (pl. szívdobogás, légzés, táplálékfelvétel, ébrenlét – alvás), és elkülönítik a természetben előforduló más ritmusoktól. Észreveszik, hogy az emberek magukhoz hasonló utódokat hoznak létre, és az utódok nemcsak szüleikhez hasonlítanak, hanem egymáshoz is. Annak felismerésére is képesek, hogy az emberi szervezet tulajdonságait az öröklődés és a környezet befolyásolja.

AZ EMBER EGÉSZSÉGE témakör tanításának célja az 1–6. évfolyamon, hogy kialakítsa a tanulóban az egészség és a betegség fogalmának helyes értelmezését. Megismertesse néhány, a tanulók által is ismert betegség okát, tüneteit és megelőzésük, kezelésük módját; felhívja a figyelmet a korszerű táplálkozás és a fizikai aktivitás/mozgás jelentőségére az egészség megőrzésében. Megismertesse a növekedés, fejlődés folyamatát és a szexuális egészség jellemzőit. Megtanítsa a baleset-megelőzés és a személyes biztonság szabályait; bemutassa a káros szenvedélyek (dohányzás, alkohol- és drogfogyasztás) emberi szervezetre gyakorolt hatásait. Tisztázza a mentális, emocionális és szociális egészség fogalmát, megismertesse összetevőiket, összefüggéseiket és megőrzésük módjait; értelmezze a személyes és a közösségi egészség fogalmának jelentését, és ismertesse megőrzési stratégiáikat.

A 1–2. évfolyamon a tanulók birtokában vannak az alapvető egészségtani ismereteknek, ismerik az egészségmegőrzés alapvető szabályait; felismerik a megfelelő testtartás és a rendszeres testmozgás jelentőségét (*D10. feladat*); ismerik a leggyakoribb balesetek megelőzésének és a segítségkérésnek a módjait; tudnak példát mondani az emberi szervezet szempontjából hasznos és káros anyagokra; felismerik a környezet és az ember egészsége közötti összefüggéseket.

D10. feladat

Hasonlítsd össze egy sportoló és egy nem sportoló gyermek csont- és izomrendszerét! Használd a relációjeleket!

Csontok erőssége:	sportoló gyerek	☐	nem sportoló gyerek
Izomzat fejlettsége:	sportoló gyerek	☐	nem sportoló gyerek

Életközösségek

Az élőhelyek és az életközösségek fogalmának megértése feltételezi az élőlények és azok egymásrahatltságának, kölcsönhatásainak ismeretét. Fontos annak megértése, hogy az élőlények az élettelen környezeti tényezőkkel és egymással is szoros kapcsolatban állnak. Az 1–2. évfolyamon a tanulók számukra ismerős életközösségekkel (pl. erdő), azok jellemző élőlényeivel és életfeltételeivel ismerkednek meg, és felismerik, hogy az egyes élőlények egy adott élőhelyen (erdő, mező, park, kert) életközösségben élnek.

Környezet- és természetvédelem

A környezeti nevelés nem önálló, elkülönült feladata a természetismeret tanításának, annak szerves részeként jelenik meg, interdiszciplináris tartalommal és tevékenységrendszerrel bír. Az 1–2. évfolyamon megkezdődik a környezettudatos magatartás elemeinek fejlesztése (pl. a természet változatosságának és értékeinek bemutatása, megóvása).

A Föld és a világegyetem

Tájékozódás a térben

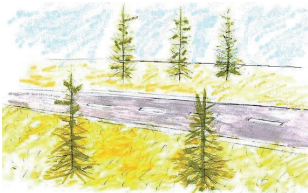
A térben való tájékozódás témakör a térbeli intelligencia fejlesztésére irányul. Az emberi intelligencia modelljeiben a térbeli intelligencia mint átfogó intelligencia-részterület vagy mint kognitív képesség jelenik meg. A térbeli intelligencia iskolai fejlesztésének logikája a közelitől a távoli felé vezet az egyes életkori szakaszokban. A közvetlen környezetben (személyes tér) szerzett tapasztalatokból indul ki (1–2. évfolyam), és a lakóhelyen keresztül (3–4. évfolyam) jut el hazánk és a Kárpát-medence (5–6. évfolyam) különböző szempontú térszerveződési elemeinek (táj, település, kistérség, megye, régió, ország) értelmezéséig. Kezdetben a valóság megismerésén, az abban való eligazodáson, majd annak egyszerű ábrázolásán van a hangsúly, később erre épülnek a térképen (és földgömbön) való tájékozódás különböző tevékenységei. A tevékenységek az 1–2. évfolyamon a közvetlen megfigyeléseken alapulnak, és a téri képzetek egyszerű leképezését (pl. megfogalmazás, kérdésfeltevés, tájképvázlat-készítés) kívánják, amelyben a térbeli viszonyok verbális kifeje-

zéséhez szükséges szókincs alkalmazása (pl. jobb-bal, lent-fent) is fontos szerephez jut.

A VALÓS TÉRBEN VALÓ ELIGAZODÁS az iskola falai között azzal fejleszthető, ha a tanulók a teret különböző nézetekből és méretekben ábrázolják, és fordítva, az ábrázolás alapján szereznek arról információt. A *DII. feladat* ábrázolás értelmezését méri az 1–2. évfolyamon a felkínált válaszok igazságtartalmának keresésével. Ebben az életkori szakaszban a fejletlen íráskészség és a szakkifejezések nehézkes használata miatt a szókészletből való válogatást vagy a szókészlet csoportosítását célszerű kérni, a későbbi időszakokban alkalmazott feladatok inkább a tanulói megfogalmazásokat kívánják.

DII. feladat

Állapítsd meg a rajz alapján, hogy igazak vagy hamisak az állítások!



Az út mindkét oldalán fenyőfák állnak.

Az út hozzánk közelebbi oldalán két fenyőfa áll.

Az út távolabbi oldalán két fenyőfa áll.

A TÉR kisebb-nagyobb részletének LERAJZOLÁSA az információk alapján szerzett képzetek rögzítését kívánja a tanulóktól. 1–2. évfolyamon a verbális információk elsősorban a szubjektív viszonyításokon alapulnak, az ábrázolások tájrajzszerűek.

A TÉRBEN VALÓ TÁJÉKOZÓDÁS alaplogikája az alapképzés szakaszában a közelitől a távoli, az ismerttől az ismeretlen felé való haladás az egymást követő életkori szakaszokban. A térelemek helyzetének, elhelyezkedésének megfogalmazása a szubjektív viszonyításokból indul ki, és az objektív felé halad előbb a valóságban, majd a térképen (égtájak alapján, térképi hálózati rendszerekben). Ebből következően, a tanulók tudásának mérése az 1–2. évfolyamon elsősorban a megfigyelések pontosságára, konkrétságára és annak megfogalmazási szintjére vonatkozik. A diagnosztikus mérés során tájékozódunk arról, hogyan képesek a tanulók értelmezni és használni a tér ábrázolására alkalmas jeleket, kódokat. Nem egy konkrét jelrendszer elsajátítása és felidézése a követelmény, hanem bármilyen jelrendszer alkalmazása konkrét helyzetekben. Az 1–2. évfolyamon néhány földrajzi hely megnevezése várható el.

A TÉRSZERVEZŐDÉS ELEMEI ÉS HIERARCHIÁJA téma megértésének feltétele, hogy a tanulók tisztában legyenek a tér méreteivel. Nem a tényleges méretekkel, hanem a nagyságrendekkel, illetve a térelemek (pl. tájak, országok, álló- és folyóvizek, objektumok) egymáshoz viszonyított méretével. Ez részben becsléssel, részben mérést követő összehasonlításokkal érhető el. (Melyik nagyobb? Hányszor férne el az egyik a másikban? stb.) A diagnosztikus mérés is erre helyezi a hangsúlyt, a feladatok a becslés – mérés – számítás – elvonatkoztatás fejlődési sorra épülnek. A feladatok az 1–2. évfolyamon főként a szűkebb környezet méreteinek becslését igénylik (*D12. feladat*).

D12. feladat

Milyen széles lehet az az út, amelyen autóbuszok közlekednek?

10 cm 1 m 5 m 10 m fél km

A térben való tájékozódás részeként alapvető a KÖRNYEZETI JELENSÉGEK, FOLYAMATOK TÉRBELI RENDJÉNEK felismerése. Azt aényt, hogy a környezeti jelenségek, folyamatok térben játszódnak le, a tanulók már kisgyermekkorban is tapasztalják, okait azonban csak később fedezik fel, legkésőbb a következményeit látják be. Erre a fejlődési sorra, a térbeli sorba rendezés műveleteire irányul a mérés az egyes életkori szakaszokban. Az 1–2. évfolyamon a közvetlen környezetben lévő tárgyak, a mindennapi életben is megfigyelhető jelenségek sorrendiségének felismerése és megnevezése a feladat (pl. gondolatban végig kell sétálni egy képen ábrázolt tájon adott irányba, és felsorolni azokat az építményeket, élőlényeket, amelyek mellett elhaladunk).

Tájékozódás az időben

Ebben a témakörben arról tanulnak a gyerekek, hogy a földrajzi-környezeti jelenségek, folyamatok időben játszódnak le, méghozzá nagyon különböző időléptékekben. A napi és az évi időt, azok múlását könnyen érzékelik a tanulók, hiszen számos környezeti jelenségben közvetlenül tapasztalják azokat, és életük mozzanatai szorosan összefüggnek velük. A társadalmi-gazdasági folyamatok, a történelmi események, a környezet változásai azonban hosszú évtizedek, évszázadok alatt zajlanak. A történelmi idő érzékelése és az abban való eligazodás nehezebb számukra. El

kell képzelniük a nagyságrendi különbségeket az általuk ismert idő és a történelmi események időpontja, időtartama között, és tudniuk kell ábrázolni az időpontokat, időtartamokat órákorongon vagy időszalagon. A Föld, a kőzetek, a szerkezeti és a felszínformák keletkezési és formálódási idejének megértéséhez földtörténeti időképzetre van szükség. Kialakulását analógiák, becslések és számítások segítik. Az időészlelés történetében kulturális és antropológiai szempontból a középkortól kezdődően az évszakok és a hónapok múlása, majd az ipari társadalmak korától – amikortól az idő pénzben kifejezhető értékévé vált – a napok és a napon belüli időtartamok kaptak főszerepet. A térbeli tájékozódáshoz hasonlóan az időbeli tájékozódás is a tapasztalatokhoz kötött, szakaszolásokhoz kapcsolódó méréseken alapul.

A NAPI ÉS ÉVI IDŐBEN VALÓ TÁJÉKOZÓDÁSI KÉPESSÉG fejlesztése az 1–2. évfolyamon folyamatos, az elsajátított tudás vizsgálata elsősorban események időpontjának, időtartamának megadásával történik. A KÖRNYEZETI JELENSÉGEK, FOLYAMATOK IDŐBELI RENDJE témában a három életkori szakaszban egyre bővül az időrendi sorok összeállításával kapcsolatos tudás. Az 1–2. évfolyamon a közvetlen környezetben tapasztalható, napszakokhoz kötődő mindennapi történések (társadalmi jelenségek) időrendjét kell megállapítaniuk a tanulóknak (*D13. feladat*).

D13. feladat

Rendezd időrendbe a nap egyes időszakaira jellemző eseményeket!

_____ ⇨ _____ ⇨ _____ ⇨ _____ ⇨ _____

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| A) déli harangszó | B) mese utáni lámpaoltás |
| C) becsengetés az órákra | D) az ébresztőóra csengése |
| E) uzsonna | |

A földfelszín

A földfelszín témakör követelményei a természetes érdeklődésre alapozott tapasztalati tudásra vonatkoznak. A természettudományos műveltség kialakulásához a tanulóknak ismerniük kell a földfelszínt alkotó anyagok tulajdonságait, valamint a természeti környezetben érvényesülő jelenségeket, változásokat, törvényszerűségeket, amelyek kialakították és formálják napjainkban is életünk színterét. Ugyanakkor ismeretekkel kell rendelkezniük az embert, a társadalmat körülvevő, annak életfeltételeit

biztosító környezet kölcsönhatásairól, hogy a fenntartható fejlődés és az elvárható biztonság igényeinek megfelelően formálódjon a gondolkodásuk, természethez való viszonyuk; kialakuljon a környezettudatos, a természeti környezet értékeit óvó magatartásuk. A földfelszín és jelenségeinek, kapcsolatrendszerének megismerésében alapvető jelentőségű a különböző távolságleptékekhez tartozó vizsgálati módszerek alkalmazása: laboratóriumi (homok- és terepasztali) vizsgálatok, terepi megfigyelések a tanulmányi sétákon és kirándulásokon, valamint az információs-kommunikációs technológiák segítségével történő modellezés, szimuláció.

Az 1–2. évfolyamon a tanulók megismerik a FELSZÍNALKOTÓ ANYAGOK (pl. kőzet, talaj) tulajdonságait, felismerik az egyszerű felszínformákat (sík terület, domb, hegy) a valóságban, képen vagy szöveg alapján. Megfigyelik a szél, folyóvíz, csapadék FELSZÍNFORMÁLÓ HATÁSAIT a valóságban, illetve modellezzik azokat terepasztalon.

A vízburok és jelenségei

A tanulók bőséges hétköznapi tapasztalattal rendelkeznek a hidroszféra részrendszereiről és azok kölcsönhatásairól. A vízcsapból folyó ivóvíz, az ereszről csöpögő esővíz, a gödörben megcsillanó talajvíz, a várost kettészelő folyó értékes tapasztalati bázist jelent a vízburok jelenségvilágának tanulmányozásához. A tanulóktól elvárható tudás több szinten adható meg. Tartalmát tekintve a hidroszféra részrendszereinek ismeretéhez, a víz körforgásának működési törvényszerűségeihez és jelenségeihez, a víz felszínformálásban betöltött szerepéhez kapcsolódik, és feltételezi a környezettudatos életmódot megalapozó, a fenntartható fejlődést lehetővé tevő vízgazdálkodás rendszerszemléletű értelmezését.

Az 1–2. évfolyamon a tanulók megismerik a VÍZ TULAJDONSÁGAIT (színe, szaga, halmazállapota), köznapi példákban felismerik, megnevezik a vizek mozgásait (pl. folyás, áramlás, hullámozás, örvénylés). Felismerik és összehasonlítják a folyóvizek típusait, példákat tudnak felsorolni a VÍZ FELSZÍNFORMÁLÓ HATÁSAIRA.

A légkör és jelenségei

A természettudományok – fejlődésük során – viszonylag későn kezdték tanulmányozni a levegő fizikai és kémiai tulajdonságait. Azonban az emberek a légköri jelenségek többségét az ókortól ismerték és felhasználták a mindennapi életükben. Az ókori világképben a meteorológia

kifejezés nemcsak a felszín közelében, hanem a légköri „magasságokban” feltételezett további dinamikus mozgások tanulmányozását is magában foglalta. A mai kor gyermekei bőséges tapasztalatokkal rendelkeznek – a vízburok és jelenségeihez hasonlóan – a légkör részrendszereinek tulajdonságairól és állapotváltozásairól. A tanulók számára legkönnyebben megfigyelhető természeti jelenségek a mindennapi életben az időjáráshoz kapcsolódnak. Alapvető cél, hogy a spontán megfigyeléseket is bekapcsoljuk a tanulók ismeretrendszerébe, illetve a tudáselemeket képesek legyenek alkalmazni életük során. A levegőburok jelenségei, folyamatai térben és időben zajlanak, így az azokra vonatkozó tudáselemek térbeli és időbeli megközelítéseket, fejlett gondolkodási képességeket kívánnak.

Az 1–2. évfolyamon az IDŐJÁRÁS elemeire és jelenségeire vonatkozik a tanulóktól elvárható tudás. Például a levegő tulajdonságainak felsorolása tapasztalatok alapján közvetlen lakókörnyezetben és nagyobb földrajzi egységekben; időjárási jelenségek észlelése, megfigyelése, megnevezése; aktuális időjárás megfogalmazása saját szavakkal; időjárási jellemzők alapján következtetés az évszakokra; az időjárás változásának érzékelése, a megfigyelési tapasztalatok saját szavakkal történő megfogalmazása, lerajzolása; tapasztalatok megfogalmazása a szél felszíni hatásairól.

A lakóhely és Magyarország ismerete

A tájak természet- és társadalom-földrajzi jellemzőinek, azok kapcsolatrendszereinek felismerése tájékoztat arról, hogy a tanulók értik az ember és környezetének a viszonyát, valamint hogy kialakult bennük a nemzeti és regionális identitástudat, amely alapja lehet más népek megértésének, elfogadásának is. Az identitástudat kialakulásában szerepe van annak is, hogy a tanulók tudják, hol fekszik, miként helyezkedik el hazánk a környezetében, Európában és a világban. Ehhez biztos topográfiai ismeretekkel is rendelkezniük kell. A földrajzi ismeretek azonban elválaszthatatlanok a kulturális-történelmi hagyományok ismeretétől; elengedhetetlen, hogy a tanulók ismerjék népünk kulturális örökségének jellemző sajátosságait, nemzeti kultúránk nagy múltú értékeit.

A Magyarország földrajzával kapcsolatos tudás vizsgálata során mindazok a feladattípusok és mérési módszerek előfordulnak, amelyeket az általános földrajzi témákkal kapcsolatban kifejtettünk. Az életkori szaka-

szokban leírt tudás azt a regionális elvet követi, hogy az ismerttől az ismeretlen felé, azaz a közvetlen lakóhelytől (1–2. évfolyam) a településünkön át (3–4. évfolyam) hazánkig és a Kárpát-medencéig (5–6. évfolyam) terjed. A lakóhelyen közvetlenül megfigyelhető jelenségek, folyamatok és összefüggések minden szakaszban fontosak, ezekkel kapcsolatban várható el leginkább a tudás alkalmazása. Tartalmi szempontból lényeges, hogy a természetföldrajzi elemek mellé társadalmi elemek is kapcsolódnak, amelyek a társadalmi tudás kialakításához szükségesek.

A három életkori szakaszban eltérő szinten várható el a tájjellemzés. Az 1–2. évfolyamon a tapasztalatokhoz kapcsolódóan, a lakóhely jellemzésére vonatkozik (pl. Milyen a település környékének felszíne? Van-e patak vagy folyó? Van-e tó? Milyen sűrű a településen a növényzet?).

Bolygónk a világegyetemben

A gyermekek hamarabb szereznek tapasztalatokat más égitestek formájáról, mint a Földről, ezért a tanítás során hasznos az emberiség kultúrtörténeti fázisainak bejárása: a kozmikus világnép fejlődésének és benne a Föld mint égitest helyzetének, értelmezésének végigkísérése. Kognitív pszichológiai vizsgálatok szerint a gyermekek ugyan már 6 éves korukban birtokolnak ismereteket a Föld gömb alakjáról, azonban a fejükben lévő mentális kép egyrészt ellentmondásos, másrészt régmúlt korok tudománytörténeti elképzeléseit tükrözi. A gyermeki (sőt, a felnőtt) gondolkodás számára nehéz feladat a világról az érzékszervek útján szerzett tapasztalatok hozzáillesztése az iskolában elvárt tudományos modellekhez. Az alsó tagozatos tanulók fejében lévő Föld-képzet tartalmaz ugyan ismeret jellegű tudáselemeket bolygónk alakjáról, ám ha ehhez hozzáillesztik köznapi tapasztalataikat, gyakran duális Föld-modell jön létre, amely csillagászati léptékben gömb alakot, a hétköznapi tapasztalatokhoz illeszkedve pedig sík alakzatot tartalmaz. A megértés összhangot tételez fel a verbális ismeretek és a mentális reprezentációk között. A megfelelően megválasztott vizuális szemléltetés, a csillagászati kutatások módszereinek ismerete elősegíti, hogy létrejöjjön az idő és a távolság kozmikus léptékű megértése.

A diagnosztikus értékelés során a ma elfogadott tudományos világnépnek az adott korosztály számára megérthető szeletét vizsgáljuk. Az 1–2. évfolyamon kérhetjük a bolygónkról mint naprendszeri égitestről való elképzelések lerajzolását; a Föld alakjáról, illetve a világegyetemről való

elképzelések megfogalmazását; méretek becslését a Földhöz viszonyítva; a szárazföldek és tengerek fogalmi szintű elkülönítését; példák adását a természeti környezetben tapasztalható mozgásformákra.

A természeti környezet és a társadalom kapcsolata

A tanulók is rendelkeznek tapasztalatokkal arról, hogy a természeti tényezők számos kihívást támasztanak az emberek elé, azonban a különböző természeti körülmények (pl. időjárási szélsőségek, árvíz, vulkánkitörés) közepette is képes az emberiség biztosítani megélhetését, biztonságát és fejlődését. Az iskolában már alsó tagozatos kortól központi jelentőségű a természeti környezettel kölcsönhatásban élő ember tevékenységeivel és azok következményeivel kapcsolatos tudásanyag. A természeti környezet és a társadalom kapcsolatának megértése ok-okozati összefüggések felismerését igényli, valamint sokféle, olykor egymásnak ellentmondó térbeli kölcsönhatásokkal kapcsolatos tényrt fogalmaz meg.

Az 1–2. évfolyamon a tanulók egyszerű gazdasági tevékenységekkel, foglalkozásokkal, közlekedési eszközökkel ismerkednek meg, képesek azok felismerésére, megnevezésére; közlekedési módok és útvonalak összehasonlítására (pl. mennyi idő alatt és milyen közlekedési eszközzel lehet eljutni a lakóhelyről az iskolába?).

Környezetállapot

A földrajzi ismeretek maguk is komplex rendszert alkotnak. A mai földtudományok azonban más természet- és társadalomtudomány-területek eredményeit is integrálva keresnek választ a földrajzi környezet leírásával és fenntartható fejlődésével, fejlesztésével kapcsolatos kérdésekre. A komplex környezettudományi szemlélet kialakításában a földrajz mint elsődleges tértudomány kap szerepet. A természetvédelem kérdéseiben ugyanakkor a biológiai, fizikai és kémiai ismeretanyag integrálása, a környezetvédelemmel kapcsolatban pedig a társadalomtudományok ismeretanyagának és szemléletének tértudományi szempontú rendszerezése szükséges.

A környezetállapot témakör a környezettel kapcsolatos természeti és társadalmi értékeket, problémákat és a problémák mérséklése, megoldása érdekében tett társadalmi összefogás lehetőségeit, a bonyolult ok-okozati összefüggéseiket, valamint a személyes cselekvési lehetőségeket mutatja be. E komplex téma elemei már az 1–2. évfolyamon is megjelennek.

A tanulók képesek felismerni a természetes, mesterséges és épített környezetet képeken; ismerik az egészséges lakóhelyi környezet jellemzőit; a környezetkímélő életmódot. Képesek felismerni a környezetkárosodást lakóhelyi példákban, és megkülönböztetni a környezetszennyező és környezetkímélő közlekedési módokat, a környezetben lebomló és nem lebomló hulladékfajtákat.

A szaktudományi tudás mérése a 3–4. évfolyamon

Élettelen rendszerek

A testek és az anyagok tulajdonságai, a tulajdonságok vizsgálata
Ebben az életkori szakaszban az ANYAGOKKAL kapcsolatos tudás fontos részét képezi a testek és az anyagok alapvető tulajdonságainak elkülönítése, az anyagi tulajdonságok csoportosítása, különböző halmazállapotú anyagok megnevezése, az egyes halmazállapotok jellemzése; a földfelszín anyagainak csoportosítása; az élő és az élettelen természet szoros kapcsolatának felismerése. Az anyagi tulajdonságok csoportosításának újabb szempontja kerül előtérbe: a tulajdonságok megállapításának, vizsgálatának módja (*D14. feladat*).

D14. feladat

Mely tulajdonságok állapíthatók meg érzékszerveinkkel, melyek csak méréssel?

szín	érdesség	sűrűség	áramvezető képesség	szag
------	----------	---------	---------------------	------

Az anyagokkal, az anyagok tulajdonságaival való ismerkedés elsősorban a szilárd anyagok és egy tipikus folyadék, a víz révén történik, de célszerű minél hamarabb kiterjeszteni az anyag fogalmát a levegőre és a többi gázra is. Ahhoz, hogy a tanulók a levegőt anyagként tekintsék, az anyagszerkezeti ismeretek megalapozása szükséges, amihez figyelembe kell venni, hogy a gyerekek tapasztalataik alapján folytonosnak képzelik az anyagot. A folytonos anyagkép feladása és a részecskemodell elfogadása éveken át tartó folyamat, ami az ismeretek jelentős átrendeződését, fogalmi váltást igényel. Ugyanis a gyerekek a gázok fogalmát leszűkítik a hétköznapiakból ismert gázokra (a fűtésre használt gáz, kipufogógáz);

a levegőt a „semmivel” asszociálják, nem tekintik anyagnak, gáznak. Ebből adódik, hogy nem tartják elképzelhetőnek, hogy a levegőnek tömege, nyomása van, melegíthető stb. Ugyanakkor a levegőhöz számos tapasztalatuk kötődik, összekapcsolják a széllel, a légzéssel, tudják, hogy az élőlények elpusztulnának nélküle. A levegőre, gázokra vonatkozó tapasztalati tudást felhasználva végezhetők olyan megfigyelések, kísérletek, amelyek segítik elfogadni a levegőt anyagként, jelzik a levegő néhány tulajdonságát (pl. képes kitágulni, melegíthető, van tömege, nyomása; lásd a *G51. feladatot*).

A gázok tulajdonságainak ismerete az ANYAGOK HALMAZÁLLAPOTAINAK megkülönböztetéséhez is elengedhetetlen. A halmazállapotokkal való ismerkedés során alapozhatunk a víz három halmazállapotának ismeretére, de célszerű más anyagok esetében is utalni a különböző halmazállapotokra (pl. megolvaszthatók a fémek, cseppfolyósíthatók a gázok). Példák révén feloldhatjuk azt a gyakori általánosítást is, hogy minden gáz levegő, valamint minden folyadék víz.

A gáz, a folyékony és a szilárd halmazállapot jellemzéséhez számos fogalom (pl. térfogat, alak, részecske, mozgás, erő) differenciálódása, elemi szintű értelmezése szükséges, ezért a halmazállapotok különböző szintű jellemzése tapasztalható az egyes életkori szakaszokban. A 3–4. évfolyamon az egyes anyagok különböző halmazállapotokba való besorolása kérhető (*D15. feladat*), illetve a halmazállapotok egyszerűbb jellemzése (pl. a szilárd anyagok alakja és térfogata állandó, a folyadékoknak csak a térfogata).

D15. feladat

Csoportosítsd a lakásban megtalálható anyagokat!

papír üveg levegő olaj porcelán tej alumínium

Gáz	Folyadék	Szilárd

A mérhető fizikai tulajdonságok vizsgálata során a hosszúság, a tömeg, a hőmérséklet, valamint a térfogat (kezdetben folyadékoknál, majd kiszorításos módszerrel szilárd testeknél és gázoknál) mérésére, egyszerűbb mérőeszközök megismerésére, használatára kerül sor. Megismerkednek a tanulók a MÉRÉS fogalmával (méréskor a mérendő mennyiséget

összehasonlítjuk a mértékegységgel); a becslés és a mérés kapcsolatával; megkülönböztetik a mennyiség, a mértékegység, a mérőszám fogalmát; felismernek mértékegységek közötti összefüggéseket; elsajátítják egyszerű mérőeszközök használatát, a skálaleolvasást, mérősorozatok alkalmazását a tömegmérésnél. Ebben az életkori szakaszban előkészíthető a sűrűségfogalom későbbi bevezetése olyan hétköznapi jelenségekkel, amelyek az anyagok közötti sűrűségkülönbségen alapulnak (pl. az olaj vagy a jégtábla úszik a víz felszínén).

Az anyagok változásai: halmazállapot-változás, keverés, oldódás, égés. Ebben az életkori szakaszban a hétköznapiakban tapasztalható halmazállapot-változások megnevezése mellett a változásokat előidéző ok felismerését (pl. olvadáskor, párolgáskor, forráskor melegíteni kell az anyagot, fagyáskor és lecsapódáskor hűteni) is kérhetjük (*D16. feladat*).

D16. feladat

Milyen halmazállapot-változást ismersz fel az alábbi jelenségekben? Mi okozta a halmazállapot-változást?

A fű harmatos lesz. A kiterített ruha megszárad. A jégcsap csepeg.

Gyakran tapasztalható, hogy a tanulók a fázisátalakulások során nem tekintik állandónak az anyagot (pl. a folyékony víz és a jég különböző anyag; a vízgőz valójában levegő); nem veszik figyelembe az anyagmegmaradást (pl. ha elolvad a jég, csökken a tömege); illetve a három halmazállapotot a vízzel azonosítják. Ezért a víz halmazállapot-változásainak megjelenése mellett fontos annak megmutatása is, hogy megfelelő körülmények között majdnem minden anyag létezhet mind a három halmazállapotban.

A KEVERÉK fogalmának kialakulását, az alkotóelemek megkülönböztetését, jellemzését, a különböző keverékek szétválasztására alkalmas módszerek felismerését (*D17. feladat*) ebben az életkori szakaszban is a környezetben, háztartásban megtalálható makroszintű keverékek (pl. homok és kavics, homokos víz, müzli gyümölcsdarabokkal, cukrozott kakaópor, leveskocka) vizsgálata révén segíthetjük.

D17. feladat

Hogyan bonthatók alkotóikra a következő keverékek?

homokos víz kavicsos homok sós víz cukrozott kakaópor

A *D18. feladat* a keverékek tulajdonságainak felismerését értékeli makroszintű keverék esetében, amit az 5–6. évfolyamon ki lehet terjeszteni szubmikroszintű vagy részecskeszintű keverékekre is (pl. a cukorból, citromléből és vízből készített limonádében az egyes összetevők megmaradó és megváltozott tulajdonságainak felsorolása).

D18. feladat

Homokot összekeverünk vízzel. Mely tulajdonságai maradnak meg a homoknak és a víznek a keverékben?

AZ OLDÓDÁSSAL kapcsolatos gyermeki magyarázatok következő szintjét jelenti, ha megjelennek az oldandó anyag változását leíró kifejezések a cukor vagy a só vízben való oldódásának magyarázatakor: cukor vagy só „szétrombolódik, széttörik, megolvad”. Ezek az elképzelések még mindig a folytonos anyagképpel hozhatók összefüggésbe. A „megolvad” kifejezés használata – elsősorban a mindennapi nyelvhasználat hatására – megmaradhat azután is, amikor a tanuló már részecskeszinten tudja értelmezni az oldódást. Az oldódás és az olvadás fogalmak megkülönböztetésére alkalmas a cukor vízben való oldódásának, illetve a cukor megolvasztásának példája, amin keresztül érzékeltethető, hogy az oldódás két anyag kölcsönhatásaként jön létre, az oldódás viszont egy anyag állapotának melegítés hatására történő megváltozása. Az oldódás és az olvadás közötti különbség megértése vizsgálható például állítások igazságtartalmáról való döntéssel (*D19. feladat*).

D19. feladat

Egy bögre teába két teáskanálnyi cukrot szórunk, majd megkeverjük. Mi történik? Melyik állítás igaz és melyik hamis? Indokold a választ!

A cukor elolvad a teában.

A cukor elkeveredik a teában.

A cukor eltűnik a teában.

A cukor visszanyerhető a teából.

Azt a tapasztalati tényt, hogy a legtöbb szilárd anyagból több oldható fel meleg vízben, mint hidegben, gyakran az olvadással hozzák kapcsolatba a gyerekek: „a forró víz megolvasztja a cukrot”. A részecskeszemlélet megjelenésének első jele a „láthatatlan szemcsékre esik szét” megfogalmazás. A 4–6. évfolyamosok körülbelül egynegyede, a 7–8. évfolyamosoknak mintegy harmada használ részecskeszintű értelmezést a cukor vízben való oldódásának magyarázatára. Ugyanakkor nagyon fontos látnunk, hogy amikor a tanulók részecskékről beszélnek, általában a szilárd anyag kis darabjaira gondolnak, és nem az azokat alkotó kémiai részecskékre (ionokra, molekulákra).

A mindennapi tapasztalat alapján kialakult folytonos anyagkép és a részecskemoddell keveredéséből a következő fontosabb szintetikus modellek jöhetnek létre: (1) a részecskék a folytonos anyagban találhatók („a cukorból kioldódott az az anyag, ami édessé teszi”); (2) a részecskéknak makroszkopikus tulajdonságuk van („a cukor elolvadt és a részecskéi édesek”, „édes atomok vannak benne”, „a cukor részecskéi folyékonnyá váltak”).

Az ÉGÉS folyamatának megértése, helyes értelmezése a fogalom komplex jellege miatt nagyon nehéz, annak ellenére, hogy a tanulók bőséges tapasztalattal rendelkezhetnek a jelenséggel kapcsolatban. Ismerik a környezetükben található éghető anyagokat, tudnak példát mondani az égés felhasználására és veszélyeire, ismerik a legfontosabb teendőket tűz esetén, a riasztás, menekülés, oltás alapvető szabályait. A tanulók kezdetben az égés értelmezésére főként három modellt használnak. (1) Az egyik modell szerint a szilárd anyagok (fa, gyertya, magnézium) égését halmazállapot-változásként értelmezik. (2) A transzmutációs modellnek az a lényege, hogy egy „nem éghető” anyag (pl. magnézium) égés során egy olyan ismert „éghető” anyaggá (pl. szén) alakul át, amelynek égése a hétköznapi tapasztalatokkal összeegyeztethető. (3) Az „összeragadás” elmélet szerint az éghető anyag több alkotórészből áll, amelyek kezdetben össze vannak ragadva, és az égés során egyszerűen szétválnak egymástól. Az égés tehát nem anyagok kölcsönhatása, hanem összeragasztott alkotórészek szétválása. Kutatási eredmények szerint még a 9. évfolyamos tanulók egy része is hasonló modell alapján értelmezi a magnézium égését.

Nagy problémát jelent, hogy az égéshez szükséges oxigén (levegő) láthatatlan, ezért kölcsönhatásba lépő (égést tápláló) anyagként való el-

fogadása nagyon nehéz. Az égés gyermeki értelmezései között megjelennek a flogisztonelethez nagyon hasonló modellek is. A flogisztonelethez szerint minden éghető anyagban található egy olyan anyag, ami égéskor eltávozik, és az égő anyag tömegcsökkenését okozza. Ez a flogisztonelethez. Minél több flogisztont tartalmaz egy anyag, annál jobban ég.

A bemutatott, elsősorban tizenéves tanulók fogalmi megértésével kapcsolatos problémákon túl kisiskoláskorban fokozottan jelentkezhetnek a fogalmak kategorizálási nehézségeiből adódó megértési problémák. A gyerekek egy része például a hőt, az energiát anyagnak tekinti; nem tesz különbséget a melegítés folyamata és a hő fogalma között, ezért a diagnosztikus mérésekben fontos kitérni a melegítés és az égés elkülönítésének vizsgálatára (D20. feladat).

D20. feladat

Magyarázd meg, mi a különbség a melegítés és az égés között! Nevez meg egy-egy példát mindkét folyamatra!

Kölcsönhatások

Ebben az életkori szakaszban a mechanikai kölcsönhatások mellett elektromos, mágneses és termikus kölcsönhatások megismerésére is sor kerül. Továbbra is lényeges kiemelni, példákkal segíteni annak megértését, hogy a kölcsönhatásban a résztvevők megváltoznak, és állapotváltozásuk ellentétes. Mindezt kiegészítjük annak megbeszélésével, hogy mi okozta a változást (pl. betört ablak – labdázó gyerek; a növény elszáradása – vízhiány) és milyen mennyiség változott meg (pl. megváltozik a rugó hossza nyújtáskor; a mag tömege csírázáskor).

A kölcsönhatások közül a testek mozgása és mozgásállapot-változása az egyik legnagyobb kihívást jelentő téma, mivel a tanulók előzetes ismeretei nehezen egyeztetethetők össze a tudományos ismeretekkel. A gyerekek a testek mozgásáról *Arisztotelész* fizikája szerint gondolkodnak: a mozgásnak mindig oka van, ha nincs mozgást fenntartó tényező, akkor a test megáll. Mindez alapvetően különbözik a *newtoni* fizikától: a mozgás nem szűnik meg spontán módon, inerciarendszerben a magára hagyott testek állnak vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek, azaz a testek nem külső hatásra mozognak, a külső hatás a mozgásállapot megváltoztatásához szükséges. Az *arisztotelészi* elképzelés jelenlétének kimutatására számos feladat alkalmas (pl. Miért áll meg az elgurított lab-

da?). A válaszokban gyakori az az elképzelés, miszerint „elfogy a test ereje”, ami jelzi, hogy a gyerekek az erőt a test tulajdonságának tekintik, nem a kölcsönhatáshoz kötik, és nem a mozgásállapot-megváltozást okozó hatást értik alatta.

Az energia

A 3–4. évfolyamon az energiával kapcsolatos ismeretek gyarapíthatók a tüzelőanyagok, az energiaforrások csoportosításával, jellemzésével, az elektromos energia felhasználásának ismeretével; a munka és az energia-változás kapcsolatának felismerésével; annak megvitatásával, milyen szerepet játszik a fény és a hő a természeti környezetben. Szó esik az energiahordozók, nyersanyagok végességének problémájáról, az energiahordozókkal való takarékoskodás fontosságáról. A tanulók ki tudnak választani éghető anyagokat különböző anyagok közül; fel tudnak sorolni tüzelőanyagokat; tudják, hogy a táplálék az élőlények szervezete számára energiaforrás. Az 5–6. évfolyamon az energiahordozók részletesebb tárgyalására, a nem megújuló és a megújuló energiaforrások elkülönítésére, az energiatermelés és a környezetszennyezés közötti összefüggések megismerésére is sor kerül.

Az energia terjedésének megértése előkészíthető a fény, a hang és a hő terjedésének tapasztalati szintű elemzésével, a fényről, a hangról és a hőről való gyermeki elképzelések feltárásával. Az életkori szakasz kezdetén a tanulók többsége a fényt nem tartja önálló entitásnak, hanem azonosítja a fényforrással, s nem kapcsolja össze a mozgással. A fény és a látás között a tanulók többsége nem teremt kapcsolatot. Kutatási eredményeink szerint az ötödik évfolyamos tanulók csak kis hányada tudja, hogy a tárgyakat azért látjuk, mert a felületükről visszaverődött fény a szemünkbe jut. Többségük szerint azért látjuk a tárgyakat, mert világos van, a fény megvilágítja azokat. A hang terjedésének megértése nem lehetséges addig, amíg a tanulók nem tekintik anyagnak, sok-sok részecskéből álló rendszernek a levegőt.

Élő rendszerek

Az élet kritériumai, az élőlények tulajdonságai

A 3–4. évfolyamon a légzéssel és az anyagszállítással bővül a megismert életjelenségek köre, így az élő fogalma tovább gazdagodik. Az élőlények

és az élettelen dolgok közötti legfőbb különbségként a tanulók ebben az életkori szakaszban is valamelyik életjelenséget (legtöbbször a mozgást, a táplálkozást, a légzést, a szaporodást, az ingerlékenységet, olykor a növekedést és a halált) jelölik meg. Megfogalmazásaikban még gyakran köznyelvi kifejezéseket használnak, például a „táplálkoznak” helyett az „esznek, isznak”; az „ingerlékenység” helyett az „érzékennek, éreznek”. Az életkori szakasz végén vizsgálhatjuk a mozgás mint megkülönböztető jegy értelmezését (*D21. feladat*).

D21. feladat



Ha az autóba benzint töltünk („tápláljuk”) és elindítjuk, mozog, mégsem élőlény. Magyarázd meg, miért!

Egysejtű élőlények

A mikroszkopikus élővilág méreteinél fogva elképzelhetetlen a konkrét gondolkodás szakaszában lévő gyermek számára. Csak akkor válik valósággá, amikor képi formában megjelenik, a gyerek látja, érzékeli a sejtek szintjén megjelenő életet. Az egysejtűek megismerésének fontos feltétele a méretek, mértékegységek ismerete. Ennek hiányában, továbbá a mikroszkóp összetett, finommozgásokat igénylő kezelésmódja miatt a mikroszkopikus élővilág tanulmányozása az 1–2. évfolyamon még nem indokolt.

A 3–4. évfolyamon, amikor a tanulók már ismerik és alkalmazzák a hosszúság mértékegységeit, és képesek kezelni a mikroszkópot, célszerű megmutatni a legegyszerűbb és a legjobban tanulmányozható egysejtű élőlényeket (pl. papucsállatka, óriásamőba, zöld szemesostoros). A bemutatott példákön azonosíthatják a tanulók az egysejtű és a többsejtű élőlények testfelépítése közötti alapvető különbségeket.

A növények testfelépítése, rendszerezése, életműködései, életfeltételei

Ebben az életkori szakaszban a növények megfigyelése, leírása kiegészül a környezeti feltételek hatásainak bemutatásával. Ekkor használjuk először a növények jellemzésekor a virág, termés, megporzás fogalmát, és különböztetjük meg a lágyszár típusait. A teljes virág felépítésének ismer-

rete (a magház részletezése nélkül) már túlmutat a tanulók tapasztalatain, elkezdődik a tudományos fogalmak fokozatos bevezetése. Újabb életközösség, a rét növényeivel ismerkednek meg a tanulók, és jellemzik azokat a megismert növénytani fogalmak segítségével. A fajok rendszerezése taxonikusan történik, de a rendszertani kategóriák (törzs, osztály stb.) megnevezése nélkül.

A 3–4. évfolyamon a növényi életműködések továbbiakkal (pl. táplálkozás, légzés, anyagszállítás) egészülnek ki. A hely- és helyzetváltoztató mozgás fogalmának megkülönböztetésével összehasonlíthatóvá válik a növényi és az állati mozgás. Az egyes életjelenségek növényi szervekhez rendelése a struktúra és a funkció közötti összefüggések megalapozását szolgálja (*D22. feladat*).

D22. feladat

Kapcsold össze a növényi részeket a feladatukkal!

gyökérzet	Belőle képződik a termés.
szár	Tartja a föld feletti részeket és szállítja a tápanyagokat.
levél	Rögzíti a növényt.
virág	Felszívja a vizet és a benne oldott sókat. Táplálékot készít.

Az állatok testfelépítése, rendszerezése, életműködései, életfeltételei

A 3–4. évfolyamon az élőhelyek sorában megjelenik a víz és a vízpart, az állatok tárgyalása a rendszertani csoportok szerint, jellemzésük a megismert szervezettani fogalmak alapján történik (*D23. feladat*). Számos, az állatok jellemzéséhez szükséges fogalom (pl. növényevő, ragadozó, mindenevő; állandó és változó testhőmérséklet; a szaporodás és a fejlődés típusai: átalakulásos, átalakulás nélküli) kerül bevezetésre (*D24. feladat*).

D23. feladat

Jellemezd az állatcsoportokat a megadott szempontok alapján!

Szempontok	Rákok	Rovarok	Pókok
Testtájak neve			
Lábak száma			
Fejlődés típusa			átalakulás nélküli

D24. feladat

Jelöld számozással az alábbi két fejlődési sorrendet! Nevezd meg a fejlődés típusát!

A)



B)



A tanulók az állatok egyes csoportjainak közös szervezettani sajátosságain túl meg tudják nevezni a táplálkozás, légzés, mozgás, szaporodás, kültakaró szerveit, és értik azok jellemzőinek összefüggéseit az életmóddal; felismerik, hogy az állati test felépítését és működését a környezet befolyásolja. Az állatfajok jellemzésekor a szervezettani, rendszertani tulajdonságokon túl kitérnek az életmódra is. A diagnosztikus mérés során vizsgálhatjuk az egyes állatcsoportok vagy állatfajok jellemzését, valamint kérhetjük a jellemzők alapján az állatok felismerését is (D25. feladat).

D25. feladat

Találd ki, ki vagyok én!

Erdőben élek, ragadozó emlős vagyok. Hallásom és szaglásom kiváló. Alkonyatkor indulok vadászni.

Három pár ízelt lábam van. Hártás szárnyaimmal virágról virágra szállva nektárt és virágport gyűjtök, amelyből mézet készítek.

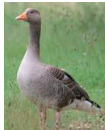
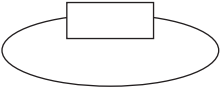
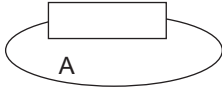
Ebben az életkori szakaszban a tanulók már képesek felismerni, hogy minden állatcsoport meghatározott szerepet játszik a Föld élővilágában. Ezt a felismerést elősegíti, ha példákat kérünk a növény- és állatvilág kapcsolatára, egymásrautaltságára, illetve irányított megfigyelést végeztünk a tanulókkal.

A gombák felépítése és rendszerezése

A 3–4. évfolyamon a gombákra vonatkozó ismeretek továbbra is a kalapos gombákra vonatkoznak. A tanulók megfigyelik a közöttük lévő hasonlóságokat és különbségeket, s megtanulják a gombafogyasztás szabályait. Még ebben az életkori szakaszban is gyakori hiba, hogy a gombákat a növények közé sorolják (D26. feladat).

D26. feladat

Fejezd be az élőlények csoportosítását!

A)	B)	C)	D)	E)	F)
					
					

Az ember testfelépítése, életműködése, egészsége

A 3–4. évfolyamon a tanulók részletesebben megismerik az emberi test felépítését, életműködéseit és azok összefüggéseit: a tápcsatorna szakaszait, fontosabb szerveit és funkcióit; azt, hogy miért van szükségünk táplálékra, mi történik az elfogyasztott táplálékkal; melyek a tápanyagok fő típusai, mi a szerepük. A tanulók megismerkednek a légutak szakaszaival és azok funkcióival (D27. feladat), a ki- és a belégzés folyamatával; az ember életkori szakaszaival, azok jellemzőivel (D28. feladat) és az ember számára nélkülözhetetlen környezeti feltételekkel.

D27. feladat

Karikázd be a légzőszervek nevét!

tüdő	mellkas	orrüreg
nyelőcső	légcső	

Jelöld nyíllal a levegő útját!

Hogyan jut el az oxigén a szervezet minden részébe?

D28. feladat

A családi fényképalbumot lapozgatva jól követhetők az életkori változások. Milyen életkori szakaszokra ismersz rá az állítások alapján?

A kistestvérem ekkor még átaludta a nap nagy részét.

Első osztályos koromban készült ez a kép, a kedvenc könyvemmel.

A nővérem arcán megjelentek a pattanások.

AZ EMBER EGÉSZSÉGE témakörben a tanulók megismerik az egészséges és a beteg állapot közötti különbségeket, néhány betegség tüneteit és okát, a fertőző és a nem fertőző betegségek közötti különbséget; a védőoltások szerepét. Tudják, hogy az egészséges életmód része az egészséges táplálkozás; felismerik az összefüggést a táplálék- és folyadékbevitel, a fizikai aktivitás és az egészség között; ismerik az egészségkárosító anyagok, szokások veszélyeit.

Életközösségek

A 3–4. évfolyamon a tanulók megismerik az életközösségek típusait (erdő, rét, vizek és vízpartok) és jellemzőit (térbeli szerkezet, elhelyezkedés), a társulás és a bioszféra elemi szintű fogalmát. Nagyobb hangsúlyt kap az élőlények táplálkozási kapcsolata (*D29. feladat*), valamint a környezet (pl. az évszakok) változásának élőhelyre és életközösségre gyakorolt hatása.

D29. feladat

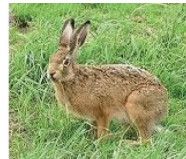
Állíts össze háromtagú táplálékláncot az alábbi élőlényekből!



barna rétihéja



füvek



mezei nyúl



zöld lombzsöcske



mezei pocok



fűрге gyík

_____ ⇒ _____ ⇒ _____

Környezet- és természetvédelem

A 3–4. évfolyamon a tanulók megismerkednek néhány környezettani alapfogalommal (pl. hulladék), megtanulják a szelektív hulladékgyűjtés

fogalmát és gyakorlatát. Egyre többen beszélnek arról, hogy az ember hogyan károsítja a természetet és környezetét, és mi a helyes viselkedés ennek kiküszöbölésére.

A Föld és a világegyetem

Tájékozódás a térben

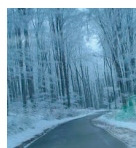
Míg a térbeli tájékozódás tevékenységei az 1–2. évfolyamon a közvetlen megfigyelésen alapulnak, a 3–4. évfolyamon objektív viszonyításokra, összetettebb megismerési feladatokra épülnek (pl. vizsgálódás, égtájak megállapítása). A VALÓS TÉR ÁBRÁZOLÁSÁBAN a viszonylagosság már nemcsak az irányokra, hanem a méretekre is vonatkozik, és főként különböző méretarányú alaprajzokhoz kötődik, többnyire nem lépve túl a mindennapokban használt téren (például egy szoba alaprajzának megrajzolása a berendezési tárgyakról kapott leírás alapján). A TÉRBEN VALÓ TÁJÉKOZÓDÁS vizsgálata a megszerzett információk rajzos, térképvázlati rögzítésére, valamint a lakóhelyre és környékére vonatkozó térképvázlaton ábrázolt topográfiai fogalmak felismerésére és megnevezésére irányul. A TÉRSZERVEZŐDÉS ELEMEI ÉS HIERARCHIÁJA témakör mérései az alaprajzon való egyenes vonal menti mérésre és távolságszámításra vonatkoznak a méretarány ismeretében. A 3–4. évfolyamon a tanulók képesek annak felismerése, hogy vannak körülöttünk olyan környezeti jelenségek, folyamatok, amelyek eltérő térbeli elrendezési elvet követnek. Ez például olyan feladattal vizsgálható, ahol a képen ábrázolt táj kapcsán természeti jelenségeket (pl. süt a nap, folyik a patak) és társadalmi jelenségeket (pl. aratják a búzát, kerékpároznak a gyerekek) kell megkülönböztetni, és meghatározni a sorrendjüket egy adott útvonalon tett gondolati séta során.

Tájékozódás az időben

A 3–4. évfolyamon folytatódik a NAPI ÉS ÉVI IDŐBEN való tájékozódási képesség fejlesztése. Az időben való tájékozódást mérő feladatok események, jelenségek, folyamatok időpontjának, időtartamának megadását kéri. A KÖRNYEZETI JELENSÉGEK, FOLYAMATOK IDŐBELI RENDJÉNEK vizsgálata (*D30. feladat*), valamint a társadalmi-gazdasági tevékenységek ismerete (*D31. feladat*) az évszakos természeti jelenségekhez kötődik.

D30. feladat

Az alábbi képeket ugyanabban az évben fotóztuk. Tedd a képeket időrendbe!



D31. feladat

Az év melyik időszakához kapcsolódnak az alábbi tevékenységek? Tedd a képeket időrendbe!



A földfelszín

A 3–4. évfolyamon a tanulók megismerik a FELSZÍNT FELÉPÍTŐ ANYAGOK tulajdonságait. Képesek ásványokat, kőzeteket felismerni, talajokat összehasonlítani, talajalkotókat (közettörmelék, élőlények maradványai, víz, levegő) megnevezni, az ásványok, kőzetek vizsgálatához szükséges eszközöket kiválasztani, egyszerűbb vizsgálatokat elvégezni. A FELSZÍNFORMÁK ismerete is bővül. A tanulók felismerik a síksági, dombosági, hegységi tájat a valóságban, képen, modellen vagy leírás alapján, és modellezik terep- vagy homokasztalon. Képesek felsorolni az egyszerű felszínformák részeit (pl. oldal, lejtő, láb, tető, csúcs, gerinc, dombon/hegyen). A FELSZÍNFORMÁLÓDÁS témában azonosítani tudják a felszínformáló külső és belső erőket, valamint azok hatásait (aprózódás, süllyedés, emelkedés) adott példákban.

A vízburok és jelenségei

A vízről sokféle köznapi tapasztalatuk van a gyerekeknek. Emellett fontos, hogy tudatosan is vizsgálják a VÍZ TULAJDONSÁGAIT, és tapasztalataikat megfogalmazzák, rögzítsék. A vízvizsgálat irányított formában a 3–4. évfolyamon is alkalmazható. A víz tulajdonságaival és hasznosításával kapcsolatos tudás értékelésekor vizsgálhatjuk egyszerű víztisztítási eljárásokat.

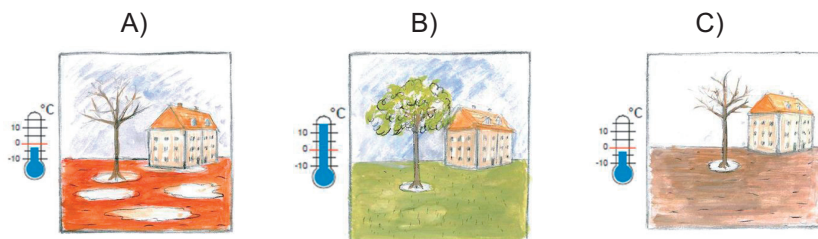
rásoknak, a vízkörforgás részfolyamatainak és a víz halmazállapot-változásainak ismeretét, példákon keresztül történő bemutatását; a víz mindennapi életben való fontosságának értelmezését, az árvíz- és partvédelem tárgyainak felismerését fényképen vagy ábrán. A FELSZÍNFORMÁLÓ VIZEK témában vizsgálhatjuk a vizek csoportosítását elhelyezkedésük szerint, a vizek mozgásainak magyarázatát, a folyóvizek hierarchiáját, a folyótorkolat felismerését, megnevezését, a folyó- és az állóvizek elkülönítését.

A légkör és jelenségei

A 3–4. évfolyamon, hasonlóan az előző életkori szakaszhoz, a tanulóktól elvárható tudás az IDŐJÁRÁS ELEMEIRE és jelenségeire vonatkozik, amely majd az 5–6. évfolyamon teljesedik ki az éghajlat fogalmával. Amíg nincsenek szilárd tudáselemek az időjárásról, nem alakítható ki az éghajlat elvont fogalma sem. Az időjárással kapcsolatos ismeretek elsajátításához alapvető a levegő jelenlétének, jelentőségének felismerése, tulajdonságainak megismerése, vizsgálata. A 3–4. évfolyamon az időjárás elemeinek megfigyelése kiegészül a méréssel (pl. a hőmérséklet mérése), az adatok rögzítésével, elemzésével, illetve megadott mérési adatok alapján az időjárás elemeire való következtetéssel. A *D32. feladat* adatok leolvasására, és az adatok alapján a csapadékfajtákra való következtetésre mutat példát.

D32. feladat

Egészítsd ki táblázatot az ábrákon látható időjárási helyzetek alapján!



	A)	B)	C)
A várható csapadék neve			
A várható csapadék halmazállapota			
A levegő hőmérséklete			

A lakóhely és Magyarország ismerete

A 3–4. évfolyamon a tanulók képesek a lakóhely környékének természet-földrajzi leírására, a lakóhelyi társadalmi környezethez tartozó elemek (pl. közlekedési hálózat, lakó- és ipari épületek, közintézmények) megnevezésére, a lakóhely és környéke természeti és társadalmi értékeinek felsorolására. A táj jellemzés a közvetlen lakóhelytől a településig terjed, megadott szempontok alapján (*D33. feladat*) történik.

D33. feladat

Mutasd be a lakóhelyedet a következő szempontok alapján!

- domborzat, felszínformák
- jellegzetes időjárás
- folyó- és állóvizek
- növényzet
- épületek, építmények
- gazdálkodás

Bolygónk a világegyetemben

A 3–4. évfolyamon folytatódik a Föld alakjával kapcsolatos tanulói elképzelések megismerése, formálása. Vizsgálhatjuk a Föld gömb alakjának okairól alkotott tanulói magyarázatokat; kérhetjük méretek, távolságok összehasonlítását (pl. melyik van messzebb, a Hold vagy a Nap?). A *BOLYGÓNK TÉRSÉGEI* témában a tanulók megismerkednek a szárazföldekkel, tengerekkel, képesek azokat felismerni, megnevezni térképvázlaton. A *VILÁGEGYETEM FELÉPÍTÉSE* témában a tanulók képesek a Naprendszer égitesteinek, a világegyetem jelenségeinek felismerésére képek, példák alapján; a hely- és a helyzetváltoztató mozgás összehasonlítására, modellezésére; a Nap napi járásának személyes életünkben játszott szerepének értelmezésére.

A természeti környezet és a társadalom kapcsolata

A 3–4. évfolyamon a tanulók további gazdasági tevékenységeket ismernek meg, és azokat ágazatok szerint csoportosítják. Számos példát ismernek az energiával való takarékoskodásra; különböző szempontok (pl. menetidő, menetrendhez kötöttség, környezetszennyezés) szerint elemzik az egyes közlekedési eszközök előnyeit, hátrányait; utazást tudnak tervezni menetrendhasználattal. Ebben az életkori szakaszban a nyomtatott

formában elérhető egyszerűbb, főként a városi tömegközlekedésben használt menetrendekben való eligazodás várható el.

Környezetállapot

A 3–4. évfolyamon a tanulók képesek megnevezni környezetre káros anyagokat, folyamatokat; példákban felismerik a természeti értékekkel való gazdálkodás módjait. Ismerik a szelektív hulladékgyűjtés céljait, a védett érték és a természetvédelem fogalmát, a természeti környezetben való helyes viselkedést.

A szaktudományi tudás mérése az 5–6. évfolyamon

Élettelen rendszerek

A testek és az anyagok tulajdonságai, a tulajdonságok vizsgálata
Ebben az életkori szakaszban kerülhet sor a részecskeszintű anyagszerkezeti tudás alapozására, az ANYAGOK makroszkopikus tulajdonságainak és a részecskék tulajdonságainak elkülönítésére, a halmazállapotok összehasonlítására a részecskékép felhasználásával. A tanulók gondolkodásának fejlődése lehetővé teszi a tömeg és a sűrűség fogalmának szétválasztását, az anyagok egyéb tulajdonságainak (pl. mechanikai, elektromos, mágneses tulajdonságok, hővezető képesség) megismerését, az anyagok és tárgyak tulajdonságainak bővítését (*D34. feladat*). A földfelszín alkotó anyagok csoportosítása differenciáltabb lesz, megismerik a tanulók a hasznosítható kőzetek, ásványi nyersanyagok, energiahordozók tulajdonságait; a környezetre és az emberre veszélyes anyagokat; képesek példákat mondani az anyagok körforgására a természetben.

D34. feladat

A felsorolt tulajdonságok közül melyik egy anyag tulajdonsága és melyik egy tárgyé?

rugalmas hajlékony hosszú jó hőszigetelő éghető
nagy a tömege kicsi a sűrűsége mágnesezhető

Anyag tulajdonsága	Tárgy tulajdonsága

A gázokról alkotott elképzelések formálásához alkalmazható a golyómodell, szemléltethető általa a gázcseppcskék egyenletes eloszlása zárt térben, a részecskék közötti üres tér, a gázcseppcskék mozgása, gázkeverékek létrehozása. A golyómodell bevezetése kezdeti lépés ahhoz, hogy a későbbi tanulmányok során a tanulók eljussanak az anyagok szerkezeté és tulajdonságaik közötti összefüggések felismeréséhez, annak megértéséhez, hogy a részecskék szabad szemmel és optikai mikroszkóppal nem láthatók, nem rendelkeznek makroszkopikus anyagi tulajdonságokkal (pl. szín, szag, keménység). Ebben az életkori szakaszban még számos esetben tapasztalható a folytonos anyagkép és a részecskemodell keveredése (pl. a részecskék anyagdarabok, amelyek folytonosak; a részecskék között valamilyen kitöltő anyag: levegő, szennyeződés van; a részecskék rendelkeznek az anyagra jellemző tulajdonságokkal: összenyomhatóság, szín, keménység; képesek felmelegedni, lehűlni).

A szilárd anyagok részecskéit kezdetben rendezetlennek gondolják a tanulók, csak később, az általános iskolai tanulmányok vége felé kezdik megérteni a rendezett szerkezet lényegét és a részecskék közötti kölcsönhatásokat. A folyadékok szerkezetének elképzelése a legnehezebb. A folyadékok részecskéit apró cseppeknek tekintik, a részecskék mozgása és kapcsolataik nehezen értelmezhetők; ezért is jelent nehézséget például az oldódás folyamatának részecskeszintű elemzése.

Néhány hétköznapi jelenség magyarázata kapcsán megvizsgálhatjuk, hogy a tanulók használják-e, s ha igen, milyen formában a részecskemodellt. Például: Miért érezzük a szobában a konyhában készülő ebéd illatát? Miért nyomható össze a felfújott léggömb? Miért tartják meg alakjukat a szilárd testek?

A SŰRŰSÉG fogalmának kialakítása az úszás, lebegés, süllyedés jelenségének megfigyelésével, a tömeg és a sűrűség kifejezések differenciálásával kezdődik. Fontos annak megbeszélése, hogy a mindennapokban használt sűrűségfogalom, amely elsősorban a viszkozitással hozható kapcsolatba (pl. a puding sűrű vagy híg), nem azonos a sűrűség fizikai fogalmával. Bonyolítja a sűrűség kifejezés pontos használatát az is, hogy az anyag tulajdonságát és az azt jellemző mennyiséget is sűrűségnek nevezzük a fizikában. A sűrűség mint anyagi jellemző megértése akkor lehetséges, ha a tanulók képesek a részecskemodell elemi szintű alkalmazására; valamint a sűrűség mint származtatott mennyiség értelmezésére: a tömeg és a térfogat közötti összefüggés felismerésére. Gyakorlásra, mérésre is

használhatók azok a feladatok, amelyek a mennyiségek összehasonlítását sűrűség táblázat használatával kéri. (Például: Melyik nagyobb térfogatú: 1 kg olaj vagy 1 kg fenyőfa? Két azonos térfogatú fa- és vasdarab közül melyiknek nagyobb a tömege?) A sűrűségfogalom kialakulásában jelentős lépés annak felismerése, hogy a tömeg a tárgyak tulajdonsága, a sűrűség pedig az egyes anyagoké. Kísérleti tapasztalatokra alapozva bevezethető az átlagos sűrűség fogalma is, majd megértése vizsgálható önálló magyarázatot igénylő kérdésekkel. (Például: Miért úszik a vízen az üvegpalack, s miért merül le a tömör üveg?)

A vizsgálatok már kiterjednek az elektromos vezetőképességre, a mágneses tulajdonságokra, a hővezető képességre is. A MÉRÉSEK már nemcsak az egyes mennyiségek meghatározására vonatkoznak, hanem arra is, hogy melyek azok a mennyiségek, amelyek a műveletek (pl. két folyadékot összeöntünk) során összeadódnak (pl. a tömeg, azonos folyadékok esetében a térfogat is), és melyek azok, amelyek kiegyenlítődnek (pl. hőmérséklet, sűrűség). Ebben az életkori szakaszban bővül a megismert mérőeszközök, vizsgálati és technikai eszközök (pl. optikai, elektromos eszközök) köre is.

Az anyagok változásai: halmazállapot-változás, keverés, oldódás, égés, bomlás

A HALMAZÁLLAPOT-VÁLTOZÁSOK értelmezése az elemi szintű részecskemoddellel történik. A részecskekép felhasználása segíti az oldódás és az olvadás közötti különbség vagy a megfordítható és nem megfordítható folyamatok elkülönítését. A halmazállapot-változások megismerése során ebben az életkori szakaszban a hőmérséklet, a tömeg, a térfogat változásának megfigyelésére, mérésére is sor kerül. A tanulók megismerkednek az olvadáspont fogalmával, illetve választ keresnek arra, miért nem emelkedik a hőmérséklet a folyamatos melegítés hatására sem a jég olvadása közben. A jég és a folyékony víz sűrűségkülönbségének következménye, a jég térfogatának növekedése számos hétköznapi példán szemléltethető (pl. vízvezetékek elfagyása, úttest felfagyása), valamint összekapcsolható a felszín formálódásáról tanultakkal (pl. sziklák aprózódása).

A KEVERÉKEK vizsgálatában ekkor jelennek meg a részecskeszintű keverékek (pl. oldatok), ebben az életkori szakaszban kezdődik a keverés részecskeszintű értelmezése. A makro- és a szubmikroszintű keverékek tulajdonságainak összehasonlításával előkészíthető a homogén és a hete-

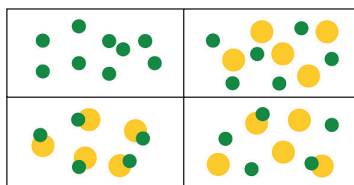
rogén keverékek későbbi évfolyamokon való elkülönítése (*D35. feladat*). A tiszta anyagok és a keverékek megkülönböztetésének részecskeszintű megértése vizsgálható a *D36. feladattal*.

D35. feladat

Egy edényben homokot keverünk össze vízzel, egy másikban sót oldunk fel vízben. Hasonlítsd össze a homokos víz és a sós víz tulajdonságait!

D36. feladat

Melyik részecskeábra jelent tiszta anyagot és melyik keveréket?



AZ OLDÓDÁS magyarázatában a részecskeszemléletű válaszok ebben az életkori szakaszban már gyakoribbak. Bár a tanulói megfogalmazások eléggé pontatlanok, az oldódás lényegi megértése tükröződik bennük: „a gyorsan mozgó vízmolekulák felbontják a cukor kötéseit”, „a cukor nedvesség hatására molekulákra bomlik”.

Az oldódás jelenségének értelmezésénél megfigyelhető, hogy a gyerekek különbséget tesznek a különböző változásokban részt vevő anyagok között, elkülönítik az aktív és a passzív anyagokat. Oldódásnál az aktív anyag az oldószer, a passzív anyag az oldandó anyag. „Az oldószer feloldja az oldandó anyagot.” „Az oldandó anyag az oldódás során megváltozik, de az oldószer nem.” Az 1–4. évfolyamon még nem, az 5–6. évfolyamon már meg lehet próbálkozni az oldódás mértékének és sebességének megkülönböztetésével. Érdeemes figyelni arra, hogy a mindennapi nyelv a „jól oldódik” kifejezést egyaránt használja az oldódás mértékének (sok oldódik belőle) és sebességének (hamar, gyorsan feloldódik) jellemzésére. Még egyetemisták körében is kimutatható ez a tévképzet: keveréssel az oldódás mértéke (is) növelhető. Az 5–6. évfolyamon tanári segítséggel a tanulók már felismerik, hogy például a tea cukrozásakor a keverés az oldódás sebességét, és nem az oldódás mértékét növeli. Még bonyolultabb a hőmérséklet hatása. A hőmérséklet növelése egyértelműen növeli az oldódás sebességét, azonban az oldódás mértékét általában

csak szilárd anyagok esetén növeli, gázok esetén csökkenti. Itt hivatkozhatunk arra, hogy meleg nyári napokon a halak „pipálnak”, mert a vízben lecsökken az oldott oxigén mennyisége.

Ebben az életkori szakaszban már várhatjuk, hogy ne csak a vizet tekintsék oldószernek a tanulók, hanem az alkoholt vagy a benzint is. Megemlíthetjük az alkoholos kivonatokat (tinktúrákat) vagy a benzinben oldott adalékokat. Lényeges annak felismerése is, hogy az oldandó anyag nemcsak szilárd anyag lehet, hanem gáz vagy folyadék is. Az oldatok összetevőinek ismeretét például a *D37. feladattal* ellenőrizhetjük.

D37. feladat

Nevez meg olyan oldatokat a mindennapokból, amelyekben...

- az oldószer víz, az oldott anyag szilárd
- az oldószer víz, az oldott anyag gáz
- az oldószer nem víz

Az oldódás témakörének tanításához számos egyszerű kísérletet végezhetünk a tanulókkal, elsősorban a cukor és a só vízben való oldódásának vizsgálatával kapcsolatban. Segíthet az oldódás pontosabb megértésében, ha színes oldandó anyagokkal (pl. rézgáliccal) is kísérletezünk. Mivel a tanulók rendelkeznek hétköznapi tapasztalattal az oldódással kapcsolatban, a kísérletek elvégzése előtt célszerű megkérdezni, mit várnak, mi fog bekövetkezni. Az oldódás sebességének és mértékének elkülönítését a *D38.* és a *D39. feladatokkal* vizsgálhatjuk.

D38. feladat

Két azonos méretű csészében 2-2 dl tea van. Mindkét pohárba egy-egy kávéskanálnyi cukrot szórunk, majd az egyik pohár tartalmát teáskanállal kevergetjük, a másikat az asztalon hagyjuk. Hasonlítsd össze a cukor oldódásának sebességét és mértékét a két csészében!

D39. feladat

Két azonos méretű és alakú csészében 2-2 dl azonos hőmérsékletű tea van. Az egyiket 2 g kockacukorral, a másikat 2 g kristálycukorral édesítjük. Melyik pohárban oldódik fel hamarabb a cukor? Indokold a választ!



Az ÉGÉS folyamatát – ahogyan azt az előző életkori szakaszban bemutattuk – többféleképpen értelmezhetik a tanulók. A fogalmi fejlődés legfontosabb állomásai a következők: (1) Az égés mindig tömegcsökkenéssel jár. (2) Az égéshez levegő (oxigén) szükséges. (3) Az égés járhat tömegnövekedéssel is. (4) Égés nemcsak oxigénben lehetséges. Számos vizsgálat megállapította, hogy az égésről alkotott helyes kép kialakulásához is elengedhetetlen a részecskemodell megfelelő ismerete és alkalmazása. A diagnosztikus mérésekben a gyors és lassú égés fogalmak elkülönítése mellett (*D40. feladat*) tájékozódhatunk az égés értelmezéséről és az égés feltételeinek megértéséről is (*D41. és D42. feladat*).

D40. feladat

Csoportosítsd az alábbi esetekben lejátszódó égési folyamatokat!

parázsló gyufa korhadó fa izzó szén rozsdásodó vaskapu

Lassú égés: Gyors égés:

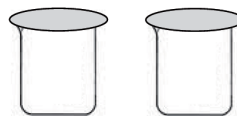
D41. feladat

A mérleg két serpenyőjébe egy-egy azonos tömegű gyertyát állítunk. Ha az egyik gyertyát meggyújtjuk, a mérleg két karja elmozdul. Milyen irányba mozdul el a mérleg serpenyője? Válaszodat indokold!



D42. feladat

Az egyik edényben szén-dioxid-, a másikban oxigén-gáz található. Mindkét edénybe parázsló gyújtópálcát teszünk. Mi történik a parázsló gyújtópálcákkal? Válaszodat indokold!



szén-dioxid oxigén

AZ ANYAGOK BOMLÁSA jól érzékeltethető azzal a közismert jelenséggel, hogy az élelmiszerek tárolás vagy felhasználás során átalakulnak. Az átalakulást a hőmérséklet növelésével gyorsítani, csökkentésével és tartósítószeres adagolásával lassítani lehet. A téma tanítása során építhetünk a tanulók mindennapi tapasztalataira, és kiemelhetünk néhány praktikus ismeretet (pl. a szavatossági idő, a hűtőszekrény, a konyhai melegítő berendezések használata, az E-számok jelentése). Párhuzamot vonhatunk más folyamatok (keverés, oldás) sebességének hőmérsékletfüggésével,

és a bomlás okainak vizsgálatakor kapcsolatot teremthetünk a biológiai témakörökkel (pl. baktériumok, gombák).

Kölcsönhatások

A mozgás és mozgásállapot-változás tanítása során a gyermeki tudatban természetes módon jelen lévő lendület fogalmához célszerű hozzákapcsolni az erő fogalmát, és a későbbiek során úgy használni, mint ami megváltoztatja a test lendületét (*D43. feladat*).

D43. feladat



A gyors vagy a lassú focilabda üt nagyobbbat? Magyarázd meg, miért!

Tapasztalati szinten meg tudják adni a választ a tanulók, de a magyarázatra csak az életkori szakasz végén képesek, amikor a lendület fogalmát összefüggésbe hozzák a mozgásállapottal és az erő fogalmát a mozgásállapot-változással. Problémát jelenthet az erő fogalmának alakulásában az is, hogy az erő és az energia fogalma gyakran keveredik a köznyelvben (pl. erőműnek nevezzük az energia előállítására szolgáló ipari létesítményeket), ezért fontos már kisiskolások körében a két fogalom szétválasztásának, helyes használatának segítése.

A gravitációs kölcsönhatás megismerése konkrét tapasztalatok megbeszélésével vezethető be. Például a leejtett tárgyak gyorsulva esnek lefelé, a feldobott labda lassulva emelkedik, egy pillanatra megáll, majd növekvő sebességgel esik vissza. Esés közben a test sebessége változik, ami jelzi, hogy valamilyen erő hat rá. A gravitációs kölcsönhatás megértését azonban gátolja a gyermeki gondolkodásban az a tévképzet, hogy a tárgyak lefelé esnek (mintha egy abszolút függőleges irány létezne), és nem a Föld középpontja felé. A gravitációs erő fogalmának kialakítása, irányának elfogadása hosszú folyamat. Ezért tapasztalható az, hogy a tanulók kezdetben nem tudják megmagyarázni, hogy a gömb alakú Földről miért nem esnek le az emberek, a tárgyak, miért nem folynak le az óceánok. Fontos továbblépés a gravitációs kölcsönhatás megértésében, hogy nemcsak a Földnek, hanem minden testnek van gravitációs mezője, ezáltal válik érhetővé az égitestek mozgása. Lényeges felhívni a figyelmet

arra, hogy a gravitációs kölcsönhatásból származó erő csak akkor érzékelhető a megfigyelő számára, ha legalább az egyik test tömege nagyon nagy (pl. az egyik egy égitest). A labda és a Föld közötti gravitációs kölcsönhatás érzékelhető, míg két labda közötti gravitációs kölcsönhatás csak érzékeny műszerrel mutatható ki.

Az energia

Az 5–6. évfolyamon az energiahordozók részletesebb tárgyalására, a nem megújuló és a megújuló energiaforrások elkülönítésére, az energiatermelés és a környezetszennyezés közötti összefüggések megismerésére is sor kerül. A tanulók képesek értelmezni az ember és az emberi tevékenységek energiaszükségletének fogalmát; tudnak példát mondani az energia előállításának különböző módjaira, és képesek felismerni az energiatermelés módjainak kapcsolatát a természeti környezettel. Ismernek példákat megújuló és nem megújuló energiaforrásokra, tudják, hogy az élőlények esetében az energiaigény kielégítése táplálékfelvétellel biztosítható; az ember külső energiaforrást (pl. fosszilis fűtőanyagok) is használ mindennapi tevékenysége során; az ember által felhasznált csaknem minden energiaforrás végső soron a Nap energiájából származik.

Mivel a gyerekekben kezd kialakulni az anyaggal kapcsolatban egy elemi szintű részecskekép, használni tudják a golyómodellt, el tudják képzelni a fényt anyagként (a fényben rendkívül kicsi golyók repülnek hatalmas sebességgel), a hangot a levegő részecskéi között átadódó rezgésként. Lehetővé válik a kölcsönhatásokban tapasztalt változások elemzése, az energiacsökkenés, illetve -növekedés hozzárendelése a kölcsönhatásban részt vevő partnerek valamelyikéhez (pl. a forró tea lehül – energiacsökkenés, a környezete felmelegszik – energianövekedés); a hő és a hőmérséklet fogalmának differenciálódása, a hőmérsékletnek mint kiegyenlítődő mennyiségnek a kezelése (pl. a hideg és a meleg víz hőmérséklet-kiegyenlítődésének magyarázata).

Élő rendszerek

Az élet kritériumai, az élőlények tulajdonságai

Az 5–6. évfolyamon az élőlények és az élettelen dolgok közötti további különbségek tárgyalására kerül sor: sejtes felépítés, környezethez való

alkalmazkodás, közösségek alkotása. Az életjelenség absztrakt, általános fogalmát a tanulók ekkor még nem képesek megérteni. Az élőlényfogalom fejlődésében jelentős állomás, amikor feltárulnak az élőlények strukturális és funkcionális sajátosságai és a közöttük levő kapcsolatok. Az élőlények testfelépítése és életműködései, illetve azok változása (alkalmazkodás a környezethez) hangsúlyos részét képezi a természetismeret tananyagának. A tanulók példák segítségével megértik, hogy az élőlények nem léteznek az élettelen természet nélkül, az élő és az élettelen környezet egymást feltételezik, hatással vannak egymásra. Ismerik az élőlények létezését befolyásoló környezeti tényezőket (víz, talaj, levegő, fény, hőmérséklet), és néhány konkrét példa révén azt is tudják, hogy az egyes környezeti tényezők eltérő mértékben fontosak az egyes növények számára (pl. talaj nélkül, tápoldatban is lehet nevelni paradicsomot). A *D44. feladatot* az életkori szakasz végén és később, a további évfolyamokon is lehet alkalmazni.

D44. feladat

Válaszd ki a felsorolt lehetőségek közül a környezeti tényezők azon csoportját, amelyekre minden élőlénynek szüksége van!

- levegő és víz
- fény és megfelelő hőmérséklet
- megfelelő hőmérséklet és víz
- talaj, víz és fény
- víz és talaj

Egysejtű élőlények

Az 5–6. évfolyamon az egysejtűek jellemzése a környezet és az életmód összefüggései alapján történik, ekkor kerül sor az élőlények rendszerében való elhelyezésükre is. A tanulók már ismerik az egysejtű és a többsejtű élőlények közötti alapvető különbségeket, és kialakítják a sejt elemi fogalmát az egysejtű élőlények közös felépítés- és működésbeli sajátosságainak kiemelése révén. Az egysejtű élőlények és a többsejtű élőlények egyetlen sejtje közötti különbségek azonosítására azonban csak a későbbi évfolyamokon kerül sor.

A növények testfelépítése, rendszerezése, életműködései, életfeltételei
Az 5–6. évfolyam minőségi változást jelent a gyerekek kognitív fejlődésében, így az elsajátítható növénytani ismeretek absztrakciós szintjében is. Új tudományos növénytani fogalmak (pl. zárvatermő, nyitvatermő, mag, takarólevelek, ivarlevelek, lepel, egyivarú és kétivarú virág, egylaki és kétlaki növény, termés, megtermékenyítés, virágzat, fő- és mellékgökyérzet, hajtás, gyöktörzs, összetett levél, fő- és mellékeres levél, sziklevél, egyszikű és kétszikű növény, rügyecske, gyököcske) kerülnek bevezetésre, amelyek már elegendőek a növények külső jegyeinek részletesebb jellemzéséhez. Ebben az életkorban a növények felépítésének szöveti és sejtszintű tárgyalására még nem kerül sor.

Az egyes életközösségek növényei a rendszertani kategóriák, szervezettani és rendszertani fogalmak szerint kerülnek tárgyalásra, jellemzésre. A növények leírása az egésztől a részletek felé halad. Rendszertani és szervezettani jellemzésüket (*D45. feladat*) a környezetben és a táplálékláncban betöltött szerepük, valamint a mindennapi életben, a mezőgazdaságban és iparban mutatott jelentőségük megnevezése kíséri. Ebben az életkori szakaszban a tanulók képesek a különböző rendszertani csoportok (pl. zárvatermők, nyitvatermők, egyszikűek, kétszikűek) egymáshoz való viszonyának megértésére (*D46. feladat*), adott rendszertani csoportba tartozó növényfajok közös tulajdonságainak felismerésére, illetve fordítva, a közös jellemzők alapján a rendszertani csoport megnevezésére (*D47. feladat*).

D45. feladat

Mely növényekre jellemzőek az alábbi tulajdonságok?



erdei fenyő



kökény

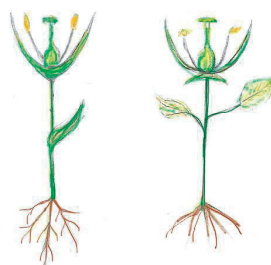


hóvirág

ágtövise van
csonthéjas termése van
hagymája van
tobozvirágzata van
örökzöld

D46. feladat

Melyek azok a szervek, amelyeket fel kell cserélni ahhoz, hogy a rajzok egyszikű és kétszikű növényt ábrázoljanak?



egyszikű

kétszikű

D47. feladat

Mely növénycsoportokra ismersz rá az állítások alapján?

Virágtalan növények, spórával szaporodnak, kezdetleges gyökerük, száruk, levelük van.

Virágos növények, magvakkal szaporodnak, nincs termésük.

Az 5–6. évfolyamon sor kerül a fotoszintézis fogalmának elemi szintű bevezetésére: a növényi táplálék a talajból és a levegőből felvett tápanyagokból, a napfény hatására képződik a növényben. A növények életjelenségei és a környezet közötti összefüggések, kölcsönhatások kerülnek a tananyag-feldolgozás középpontjába. Vizsgálatok igazolják, hogy a növények életfeltételei (víz, levegő, talaj, fény, hőmérséklet) közül a vizet tudják legkorábban megnevezni a tanulók. Ez azzal magyarázható, hogy a gyerekek a saját tapasztalataikból indulnak ki, tudják, hogy a növényeket öntözni kell, különben elszáradnak, elpusztulnak, tehát szükségük van vízre. A növények életfeltételei közül a megfelelő hőmérséklet megnevezése a legnehezebb, ezt a 6. évfolyamosoknak is csak közel fele tudja. Néhányan már képesek elkülöníteni azokat az élettelen tényezőket, amelyek minden élőlény számára fontosak, azoktól, amelyek eltérő jelentőségűek.

Az állatok testfelépítése, rendszerezése, életműködései, életfeltételei

Az 5–6. évfolyamon – a növényekhez hasonlóan – az állatok tulajdonságainak megismerésében is a testfelépítés, az életműködés, az életmód és a környezet kapcsolatán van a hangsúly. A tanulók megismerkednek olyan szervekkel (pl. gerincoszlop), amelyek lényegesek a nagyobb rendszertani kategóriák elkülönítésében. Az állatok, állatcsoportok szerzeretani jellemzése az életműködések (táplálkozás, légzés, szaporodás, moz-

gás, kültakaró) szerint történik. A fajok és az állatcsoportok listája nem bővül lényegesen az előző életkori szakaszhoz képest, ugyanakkor az élőhely és az állatok tárgyalása is rendszerezettebb formában történik (D48. feladat). A jellemzés szempontjai kiegészülnek az adott állatfaj élővilágban, környezetben és a mindennapi életben betöltött szerepével.

D48. feladat

Csoportosítsd az állatokat élőhelyük szerint!



macskabagoly



kecskebéka



őz



tőkés réce



vaddisznó

Erdő: Víz, vízpart:

A gombák felépítése és rendszerezése

Az 5–6. évfolyamon a gombákkal kapcsolatos tudás a gombafonal fogalmával bővül. A tanulók megismerik, hogy a gombák más felépítésűek is lehetnek, mint a kalapos gombák. Célszerű összehasonlítani a tanulók által már ismert erdei csiperkét a peronoszpórával, megállapítani különbségeiket és hasonlóságaikat. A peronoszpóra és a monília életmódjának megismerése által példát látnak arra, hogy a gombák milyen kapcsolatban állnak más élőlényekkel és a környezettel. A mindennapi élethez kötődően felismerik, hogy a gombák lehetnek káros és hasznos élőlények is.

Az ember testfelépítése, életműködései, egészsége

Az 5–6. évfolyamon a KAMASZKORI SZERVEZET FELÉPÍTÉSE ÉS ÉLETMŰKÖDÉSEI, illetve az azokban bekövetkező változások kerülnek a középpontba. A tanulók jellemzik a kamaszkori szervezet felépítését; képesek megnevezni és rendszerezni a kamaszkori változásokat. Felismerik a mozgásszervrendszer felépítése és működése közötti összefüggést, meg tudják nevezni az emésztés lépéseit, felismerik azok sorrendjét. Tudják, hogy az emberi szervezetnek speciális struktúrái vannak az anyagok szállítására is. Tudják, hogyan áramlik a vér; hogyan cserélődik ki a szén-dioxid és az oxigén a tüdőben és a szövetekben. Ismerik a vesék szerepét és a ki-

választó működés kapcsolatát az anyagcsere egyéb életjelenségeivel. Felismerik az öröklődés és a szaporodás közötti kapcsolatot, megértik, hogy az ember – a többi élőlényhez hasonlóan – kapcsolatban áll a környezet élő és élettelen elemeivel. Ismerik a környezetszennyezés emberi szervezetre gyakorolt hatásait, és fel tudják sorolni az egészséges, esztétikus környezet kritériumait.

AZ EMBER EGÉSZSÉGE témakörben az egészségtan tantárgy bővíti az alábbi évfolyamokon elsajátított egészségtani alapismereteket, továbbfejleszti az egészséges életmód és a környezettudatos magatartás szokásrendszerét. Hozzájárul a reális énkép, önismeret egészséges fejlődéséhez. Segíti az alapvető erkölcsi normák és az örök emberi értékek (pl. egészség, becsület, tudás) elfogadását. Hangsúlyosabban jelennek meg a tananyagban a betegségmegelőzés, a betegápolás és az elsősegély-nyújtás ismeretei. Jelentős szerepet kapnak a nemiség vállalásával, a női és a férfi szereppel és a szexualitással kapcsolatos egyéni és társadalmi kérdések. Külön téma foglalkozik a serdülőkor lelki, viselkedésbeli változásaival, konfliktusaival, valamint családi és társas kapcsolatainak szerepével. Ebben az életkori szakaszban már számos, a mindennapokban fontos egészségtani ismerettel rendelkeznek a tanulók. Értik a testmozgás rendszerességének, intenzitásának, időtartamának egészséggel való összefüggését; ismerik az alkohol- és kábítószer-fogyasztás, dohányzás hatásait, veszélyeit, a függőség fokozatait. Tudják, hogyan lehet felismerni és ellátni a különböző típusú vérzéseket; miért és hogyan kell eltávolítani a bőrünkbe fúródott kullancsot (*D49. feladat*).

D49. feladat

Hogyan kell helyesen eltávolítani bőrünkben a kullancsot?



Kezünkkel kitépjük.

Kullancscsipesszel kiemeljük.

Krémet kenünk rá.

Életközösségek

Az 5–6. évfolyamon a tanulók megismerkednek az egyed alatti szerveződés leglényegesebb szintjeivel. Megértik, hogy az egyed sajátos biológiai rendszerként létezik az életközösségekben, de nem elhatároltan, ha-

nem a többi egyeddel kölcsönhatásban éli életét. A tanulók képesek kapcsolatot teremteni az egyed alatti és az egyed feletti szerveződési szintek között; felismerik, hogy a megismert élőhelyek térben és időben változó, ám viszonylag zárt önszabályozó rendszerként működnek; tudnak példákat mondani az egyes életközösségek környezeti tényezők szerinti tagolódására.

Környezet- és természetvédelem

Az 5–6. évfolyamon a gyerekek képesek felismerni a környezet- és a természetvédelem fogalmak közötti különbséget, ismerik hazánk nemzeti parkjait, a környezetszennyezés következményeit (*D50. feladat*). Ismernek eljárasmódokat, technológiákat (pl. biokert, biokultúra, vegyszermentes növénytermesztés) a természet és környezet eredeti állapotának megőrzésére. Tudnak példát hozni környezet- és természetvédelmi tevékenységekre.

D50. feladat

Milyen sorrendben játszódnak le az alábbi folyamatok, amikor egy tó vize műtrágyával szennyeződik?

A rothadás oxigént von el a környezetből.

A dús növényzet elzárja a fény útját.

A halak tömegesen pusztulnak.

Elszaporodnak a vízinövények.

A növények fény hiányában elpusztulnak.

A Föld és a világegyetem

Tájékozódás a térben

Az 5–6. évfolyamon a térbeli tájékozódás tevékenységei elsősorban a térképi tér értelmezésére, a térképolvasásra és a térképhasználatra irányulnak. Az életkori szakasz végére a tanulók eljutnak a térképolvasás elemi szintjére, elsajátítják a szemléleti térképolvasást. Képesek leolvasni a térképről az égtájak ismeretében, a jel- és szímkulcs, valamint a feliratok segítségével azt, amit azon ábrázoltak; meg tudják fogalmazni, hogy mi hol van, illetve a földrajzi objektumok milyen területi viszonyban állnak egymással. A térképolvasással kapcsolatos tudásukat és az adott térkép szín- és jelkulcsát mindig más helyzetben és eszközzel (pl. falitérképen

és az atlasz térképén), más területen (pl. földrészeken, régiókban, tájakon) és más tartalmú térképen (pl. domborzati, közigazgatási, egyszerű tematikus térképen) is képesek használni. A szemléleti térképolvasás mellett a tanulóktól elvárható az okfejtő térképolvasás is: a térképen látható tények leolvasása, a földrajzi-környezeti jelenségek közötti összefüggések, kölcsönhatások feltárása és megfogalmazása; a térképen látottak továbbgondolása, következtetések levonása.

A VALÓS TÉR ÁBRÁZOLÁSÁBAN a hangsúly a térképi ábrázolás felé tolódik, a lakóhely és környéke mellett távolabbi területekhez is kötődik. A tanulók ismerik és alkalmazzák a tér megismerésének módszereit, a térbeli információszerzéshez szükséges eszközök használatát, valamint a megszerzett információk rögzítésének és rendszerezésének eljárásait. Képesek átvinni a konkrét térről való ismereteiket, képzeiteket más terekre is; ki tudják a teret térben kiterjeszteni, vagyis elképzelni, milyen tájelemekben folytatódik (pl. egy hegyvonulat mögött) a valóságban vagy a rajz keretén kívül. A valós tér ábrázolásakor a tanulóknak értelmezniük kell a térképi kisebbitést, és tudniuk kell bánni az azt kifejező eszközökkel (mértékszám és vonalas aránymérték), hogy értsék, elképzeljék a valós és a térképi méretek eltérését. A térképi ábrázolás nem egyszerű leképezését igényli a tapasztalat vagy információ alapján kialakult téri és térképi képzeteknek, hanem azok továbbgondolását a különböző feltételeknek megfelelő tervezési feladatokban (*D51. feladat*).

D51. feladat

Egy kisváros bújik meg a hegyek között. Ide szeretne költözni egy család, hogy élvezhessék a táj szépségét, a sok napsütést és a meleget. Mára elfogytak a völgyben a telkek, csak a hegyoldalon építkézhetnek. A rajz egy nyári napon a délben jellemző állapotot mutatja.



Válaszd ki a család számára a legmegfelelőbb területet, és rajzold be a házu-
kat az ábrába! Válaszodat indokold!

A város középtávú fejlesztési tervében szerepel egy sípálya építése. Az a cél, hogy a síelők sportolás közben gyönyörködhesse-
nek a város látképében és a felkelő Nap látványában. Hová kerüljön a sípálya? Rajzold az ábrába! Indokold a választ!

A TÉRBEN VALÓ TÁJÉKOZÓDÁS vizsgálata az 5–6. évfolyamon a térképoltasással függ össze. A diagnosztikus mérés során főként azt vizsgáljuk, hogyan tudnak a tanulók objektumokat keresni a térképen (névmutató, keresőhálózat és földrajzi fokhálózat segítségével). A topográfiai tájékozottság szintje felismerést, megnevezést és bejelölést kérő feladatokkal mérhető (*D52. feladat*). A tanulóknak kevés topográfiai fogalmat kell ténylegesen tudniuk (csak azokat, amelyek szükségesek a bolygónkon való eligazodásban, hazánk földrészünkön való elhelyezésében; lásd a „Bolygónk térségei” részt is), azonban elvárható, hogy azokat különböző típusú, méretarányú és tartalmú térképeken is felismerjék, és a térképről szerzett információk alapján útitervet, modellt készítsenek vagy terepi eligazodási, útbaigazítási feladatokat oldjanak meg (lásd pl. *A49. feladat*).

D52. feladat

Európa térképábrázolását látod.

Húzd át színessel Magyarország határvonalát!

Satírozd be kékkel a Földközi-tenger területét!

Rajzold be a Kárpátok vonulatát!



A TÉRSZERVEZŐDÉS ELEMEI ÉS HIERARCHIÁJA témában alkalmazott diagnosztikus feladatok a térképen való távolság mérésének és számításának készségét vizsgálják, azoknak az adatoknak a meghatározását, amelyek alkalmazhatók utazási idő tervezésére is (*D53. feladat*).

D53. feladat

A kincskeresők hajója közeledik egy sziget partjához, ahol kincs rejtőzik egy ládában. A legénység a rövidebb úton akar eljutni a kincshez.

Melyik útvonalat válasszák?

A part mentén hajózzanak (kék útvonal)?

A szigeten gyalogoljanak (piros útvonal)?

Hogyan mérték meg a kincskeresők a térképen az útvonalak hosszát?



A KÖRNYEZETI JELENSÉGEK, FOLYAMATOK TÉRBELI RENDJE témában a tanulók topográfiai tájékozottságát például a *D54. feladattal* mérhetjük.

D54. feladat

Melyek azok a városok, amelyeket láthatunk a képzeletben Budapest és Athén között légvonalban haladó repülőgépről? Használd az atlaszodat!

Budapest Szaloniki Belgrád Athén Szófia Skopje

Tájékozódás az időben

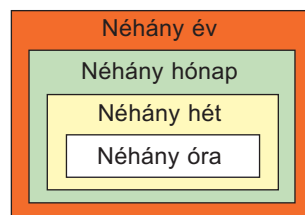
Az 5–6. évfolyamon a tanulók képesek a napszakok és az évszakok változásának, periodikus ismétlődésének megértésére; az idő mérésére; az életüket meghatározó időtartamok becslésére; természeti jelenségekkel és a mindennapi tevékenységeikkel kapcsolatos idősorok képzésére; a napi, az évi és a történelmi időnagyságrendek összehasonlítására; annak felismerésére, hogy az idő múlásával az élőlények és maguk a tanulók is változnak.

A NAPI ÉS ÉVI IDŐBEN VALÓ TÁJÉKOZÓDÁSI KÉPESSÉG vizsgálatában megjelenik a természeti jelenségek, illetve természeti folyamatok időpontjának és időtartamának időszalagon való ábrázolása (pl. Ausztrália leghidegebb hónapjának vagy a hazai folyók jellemző áradási idejének bejelölése időszalagon). A világ jelenségeiben, folyamataiban való eligazodáshoz nélkülözhetetlen, hogy a tanulók tisztában legyenek azok időtartamának nagyságrendjével is. A *D55. feladat* azt méri, mennyire érzékelik a tanulók a napos, hetes, hónapos és éves időtartamok viszonylagosságát. KÖRNYEZETI JELENSÉGEK, FOLYAMATOK IDŐBELI RENDJE témában az 5–6. évfolyamos tanulóknak már történelmi időléptéket kell felismerniük és sorba rendezniük.

D55. feladat

Mennyi ideig tartanak a felsorolt jelenségek?

- A) gabonaaratás Magyarországon
- B) az évi napsütéses órák száma sokéves átlagban a Dél-Alföldön
- C) tavak feltöltődése
- D) zivatar keletkezése
- E) árhullám levonulása a Tisza magyarországi szakaszán
- F) vonatút hazánkon keresztül nyugat-keleti irányban



A földfelszín

A földfelszínnel kapcsolatban a 6. évfolyam végén a tanulók képesek felismerni a FELSZÍNT FELÉPÍTŐ alapvető kőzeteket és néhány talajfajtát; rendszerezni, modellezni az egyszerű és az összetett FELSZÍNFORMÁKAT; felismerni a FELSZÍNFORMÁLÓDÁS folyamatában a belső és a külső erők együttes hatását; megnevezni az általuk kialakított szerkezeteket és formákat, valamint felismerni a talaj keletkezésének az élővilágban, a gázdalkodásban és a társadalmi életben játszott szerepét.

A környezetben való tájékozódás az alapképzés szakaszában az égtájakra és a legalapvetőbb környezeti elemekre, a felszínformákra épül. Ennek szintjéről tájékozódik az 5–6. évfolyamon a *D56. feladat*, amelyben a terepadottságokat útvonalválasztás során kell felhasználni valamilyen szempont vagy cél érdekében.

D56. feladat

Képzeld el, hogy a képen látható tájon nyaralsz!

Melyik útvonalon kell sétálnod, hogy minél többféle minőségű kőzetet megtapasztalhass?

Sorold fel, milyen kőzetek vannak a talpad alatt, miközben a tengerből a part felé gyalogolsz!



A földrajzi tartalmak tanulása lehetőséget teremt arra, hogy a tanulók elsajátítsák a megfigyelés és a vizsgálódás módszereit, amelyek megalapozhatják a későbbi kísérletezést. Ez nemcsak azt jelenti, hogy tudjanak cél- és okszerűen beavatkozni a jelenségek, folyamatok lefolyásába, hanem hogy összefüggéseikben és működésükben ismerjék fel és értsék azokat. Az 5–6. évfolyamon – ahogyan azt a gondolkodási képességek fejlesztésére vonatkozó részben, a természettudományos vizsgálatoknál részletesen bemutatunk –, elvárható, hogy a tanulók birtokolják egyszerű vizsgálódások algoritmusát, képesek legyenek kiválasztani a szükséges eszközöket, módszereket, és rögzítsék a tapasztalataikat szöveges vagy rajzos formában. Erre mutat értékelési lehetőséget a *D57. feladat*.

D57. feladat

Pisti azt a feladatot kapta, hogy a szertárban összegyűjtött kőzetdarabok közül válassza ki a mészkövet.

Mely tulajdonságai alapján választotta ki Pisti a mészkövet eszközök nélkül? Milyen vizsgálattal tudta ellenőrizni, hogy a kiválasztott kőzetdarab valóban mészkő?

A vizsgálatok tervezése rajzos információkkal vagy a tapasztalatok rögzítésének vázlatával segíthető. A D58. feladat modellvizsgálat megtervezésének mérésére mutat példát.

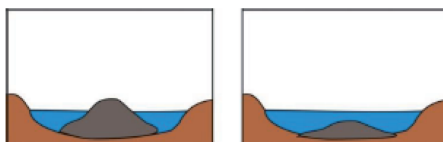
D58. feladat

Tervezz homokasztali vizsgálatot, ami alapján választ kaphatsz arra, hogyan alakulnak ki a rajzokon látható felszíni képződmények!

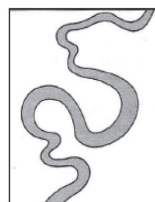
Szükséges eszközök:

Szükséges anyagok:

A vizsgálat lépései:



Jelöld karikával az ábrában egy helyen, hogy a folyó mely szakaszain jöhet létre sok ilyen képződmény! Indokold a választ!



A vízburok és jelenségei

A hatodik évfolyam végére a tanulók képesek felismerni azt, hogy a víz állandó körforgásban van, halmazállapota változik, amiben a napsugárzásnak jelentős szerepe van. Erre az időszakra megismerik a VÍZ TULAJDONSÁGAIT, el tudnak végezni egyszerűbb vízvizsgálatokat. Lényeges, hogy ismerjék a vízburok elhelyezkedését; a felszíni VIZEK FELSZÍNFORMÁLÓ MUNKÁJÁT (pusztítás–építés); tudják jellemezni a folyók lefolyását és a különböző szakaszaikon a hordalékkal végzett munkájukat. A felszínformáló vizek témában a fogalmak rajzon és térképen való felismerésének vizsgálatára mutat példát a D59. és a D60. feladat az 5–6. évfolyamon.

D59. feladat

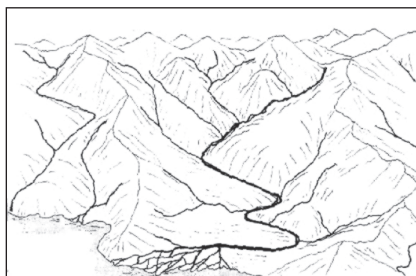
Mi jellemző az ábrán látható, hegyekben kanyargó folyóra?

Húzd át késsel a terület főfolyójának vonalát!

Jelöld nyíllal a folyó folyásirányát!

Rajzold be a folyóhoz tartozó vízválasztó vonalat!

Írd az ábrába, milyen típusú a folyó torkolata!

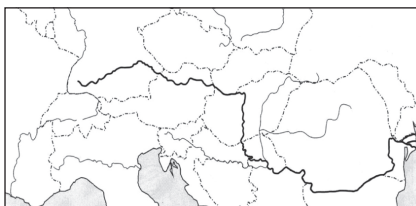


D60. feladat

A térkép vázlat Közép-Európát mutatja. Keresd meg ezt a területet atlaszod Európa-térképén!

Következtess a domborzat alapján, hol húzódik a Duna vízválasztó vonala!

Színezd ki a térkép vázlaton a Duna vízgyűjtő területét!



Az 5–6. évfolyamon a diagnosztikus mérés során vizsgálhatjuk a felszíni és a felszín alatti vizek kapcsolatának megértését, a felszíni és felszín alatti vizek csoportosítását, a víz és a társadalom sokirányú kapcsolatának értelmezését, az egyén és társadalom felelősségének megfogalmazását a vizek állapotának megőrzésében; a vízrajzi jellemzők térképről való leolvasását, ábrázolását.

A légkör és jelenségei

A légkör és jelenségeivel kapcsolatban az 5–6. évfolyamon elvárható az IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK jellemezése és ok-okozati összefüggéseikben való értelmezése; az időjárási elemek megfigyelése, mérése, a mérési adatok rögzítése, ábrázolása és értelmezése, azokból következtetések levonása. A diákok ebben az életkori szakaszban képesek felismerni az ÉGHAJLATOT alakító és módosító tényezőket példákban; igazolni a légköri jelenségek felszíninformáló hatását példákban és vizsgálatokban; felismerni a légkör és a társadalom kapcsolatát, megfogalmazni a társadalom és az egyén felelősségét a légkör megővésében. Az időjárás és éghajlat témakör is

számos lehetőséget ad folyamatok modellezésére. Az 5–6. évfolyamon a modellezéshez még több-kevesebb tanári irányítás szükséges.

A lakóhely és Magyarország ismerete

A lakóhely és Magyarország ismeretével kapcsolatban az 5–6. évfolyamon elvárható, hogy a tanulók összegyűjtsék, rendszerezék, feldolgozzák és prezentálják a lakóhelyi táj természetföldrajzi jellemzőit, erőforrásait, értékeit; összegyűjtsék a kiemelkedő teljesítményű, nemzetközileg elismert magyarokról szóló tényeket elektronikus forrásokból. Le tudják írni a hazai és kárpát-medencei nagytájak, településtípusok földrajzi jellemzőit, és össze tudják hasonlítani azokat különböző szempontok, jellemzési algoritmus alapján; ismerjék és elhelyezzék a térképen a Kárpát-medence természetföldrajzi, közigazgatási és történeti topográfiai fogalmait; értelmezni tudják a magyarsághoz, a hazához való tartozást.

Az 5–6. évfolyamon kérhető a tájjellemzési algoritmus alkalmazása: adott táj jellemzése megadott szempontok alapján; a szempontok a domborzati viszonyok mellett az ember és a környezet kapcsolatára is vonatkoznak. A tájjellemzési algoritmus alkalmazásának vizsgálata azért fontos, mert a tájjellemzés alapvető a földrajzi ismeretszerzés további éveiben (lásd regionális földrajzi ismeretek tanulása).

Bolygónk a világegyetemben

Az 5–6. évfolyamon elvárható BOLYGÓNK JELLEMZŐINEK megfogalmazása; a Földet felépítő anyagok csoportosítása; a Föld gömbszerű alakjának elfogadása, a gömbhéjas szerkezet okainak és következményeinek ismerete; a földrészek, az óceánok és a fontosabb tengerek megtalálása különböző térképeken és a földgömbön; fekvésük megfogalmazása és bejelölésük körvonalas térképbe. A diagnosztikus vizsgálatokban kérhető a VILÁGEGYETEM FELÉPÍTÉSÉNEK bemutatása, égitesteinek megnevezése; a napközéppontú világtkép lerajzolása, a forgás és a keringés modellezése; az égbolt jelenségeinek megfigyelése, a tapasztalatok rögzítése, rendszerezése és bemutatása.

A témakör számos lehetőséget nyújt adatok ábráról, diagramról való leolvasására, összehasonlítására (pl. földrészek, területe, népessége) vagy ábrázolására (pl. a földrészek legnagyobb magasságának kikeresése az atlaszból és a magasságok ábrázolása diagramon). A *D61. feladat* információk, adatok megtalálására, értelmezésére, illetve adatoknak más ada-

tokból való származtatására mutat példát. A *D62. feladat* a világegyetem égitestjeinek rendszerezését vizsgálja.

D61. feladat

Válaszolj a kérdésekre az atlaszod segítségével!

Melyik a Naprendszer legnagyobb bolygója?

Milyen irányban keringenek a bolygók a Nap körül?

Azonos-e a Föld tengely körüli forgásának és Nap körüli keringésének az iránya?

Mely bolygók keringenek a Földnél gyorsabban a Nap körül?

D62. feladat

Nevezd meg a világegyetem részeit! Kezdőbetűkkel válaszolj!

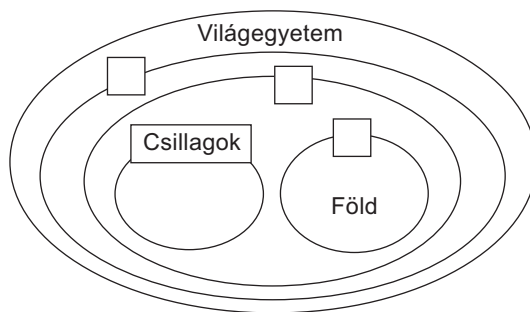
T – Tejútrendszer

N – Naprendszer

B – bolygók

H – holdak

N – Nap



A természeti környezet és a társadalom kapcsolata

A tanulók az 5–6. évfolyamon képesek megnevezni a kárpát-medencei népeket, nemzetiségeket, néprajzi csoportokat, összegyűjteni a velük kapcsolatos információkat, adatokat, és ábrázolni tudják azokat. Képesek felismerni, jellemezni és rendszerezni a gazdasági tevékenységeket; megfigyelni és megfogalmazni a gazdasági tevékenységek környezeti kapcsolatát, rögzíteni a tapasztalatokat. A közlekedés tervezésére (pl. városi tömegközlekedés, távolsági közlekedés) ebben az életkori szakaszban már olyan feladat is adható, amelyben a tanulók a távolsági közlekedésre vonatkozó menetrendet az interneten keresik meg, és elektronikus formában használják adott utazás megtervezéséhez.

Környezetállapot

Ebben az életkori szakaszban a tanulók képesek a tájálalakítás elemeinek megfigyelésére, tapasztalataik rögzítésére; a környezetkárosodások okainak és következményeinek felismerésére; a nyersanyag-, az energia- és a táplálékkészletek kimerülésének felismerésére példákon keresztül; a környezeti állapotot feltáró levegő-, víz- és talajvizsgálat megtervezésére, a tapasztalatok bemutatására. Ismerik a természet- és környezetvédelem céljait, feladatait, módjait, a környezettudatos viselkedés jellemzőit.

A kötet szerzői

Philip Adey

A londoni Kings' College emeritusz professzora, a Centre for the Advancement of Thinking korábbi igazgatója. BSc diplomáját kémiából (1962), egyetemi diplomáját neveléstudományból (1968), PhD-fokozatát természettudományos nevelésből (London University, 1979) szerezte. 2011-ben a Szegedi Tudományegyetem Doctor Honoris Causa címmel tüntette ki. A kognitív fejlesztés a természettudomány tanításával (CASE) program egyik kidolgozója. Számos országban (Norvégia, Japán, Luxemburg, Kína, USA) dolgozott vendégkutatóként, 2006 és 2008 között Hongkongban vendégprofesszor. Jelenlegi tudományos tevékenysége a természettudományok tanulásának értelmi képességet fejlesztő hatásával és a tanárok szakmai fejlődésével kapcsolatos.

Adorjánné Farkas Magdolna

Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerzett kémia-fizika szakos középiskolai tanári diplomát. Fizikát és kémiát tanított általános- és középiskolában, valamint fizikát az Óbudai Egyetemen. Éveken keresztül fővárosi és kerületi szaktanácsadóként segítette a természettudományos tantárgyak oktatását. Kiemelt érdeklődési területe a tehetséggondozás.

B. Németh Mária

Az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport tudományos munkatársa, a SZTE Oktatáselméleti Kutatócsoport tagja. Biológia-kémia szakos középiskolai tanári diplomáját a József Attila Tudományegyetem Természettudományi Karán szerezte 1984-ben. 1994-ben pedagógiai szakértő szakon diplomázott, majd 2009-ben PhD-fokozatot szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Fő kutatási területe a természettudományos tudás, a tudás alkalmazásának mérése. Publikációi főként az e területen végzett empirikus vizsgálatok tapasztalatait mutatják be.

Csapó Benő

Egyetemi tanár, az MTA doktora, a Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Doktori Iskola, az SZTE Oktatáselméleti Kutatócsoport és a MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport vezetője. Kémia-fizika szakos középiskolai tanári diplomáját a József Attila Tudományegyetem Természettudományi Karán szerezte 1977-ben. A Brémai Egyetemen Humboldt ösztöndíjas kutatóként dolgozott 1989-ben, 1994–95-ben pedig Stanfordban, a Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences meghívott kutatója volt. Fontosabb kutatási területei: kognitív fejlődés, a tudás szerveződése, longitudinális vizsgálatok, pedagógiai értékelés, tesztelmélet, technológia alapú tesztelés.

Csíkos Csaba

A Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézetének habilitált docense. Matematika-földrajz szakos tanári és pedagógiai értékelési szakértői végzettséget követően a neveléstudomány területén szerzett PhD-fokozatot. 2002–2005 között Békésy György posztdoktori ösztöndíjas. Kutatási témái elsősorban a 10-12 éves korosztály stratégiai gondolkodásának vizsgálatához kapcsolódnak; angol és magyar nyelvű publikáció elsősorban e korosztály matematikai gondolkodásának és olvasási folyamatainak kutatásából születtek.

Korom Erzsébet

A Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézetének habilitált docense, az SZTE Oktatáselméleti Kutatócsoport helyettes vezetője, az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport tagja. A József Attila Tudományegyetemen biológia és kémia szakon diplomázott 1992-ben, 1999-ben pedagógia értékelési szakértő végzettséget, majd 2001-ben PhD-fokozatot szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Kutatási területei: a tartalmi tudás szerveződése, a fogalmi fejlődés és fogalmi váltás folyamatai, a természettudományos tudás értékelése, a természettudományos ismeretek elsajátítását elősegítő oktatási módszerek.

Makádi Mariann

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézetének docense, szakmódszertanos, tantervfejlesztő, tankönyvíró, az MTA Oktatási Albizottságának tagja, a Magyar Földrajzi Társaság Oktatásmódszertani Szakosztályának elnöke. A budapesti Tanárképző Főiskolán biológia-földrajz szakon szerzett oklevelet, majd a József Attila Tudományegyetem földrajztanári szakán diplomázott. Kutatási területei: tantervméлет, a földrajzi-környezeti ismeretek elsajátításának és a térbeli intelligencia fejlesztésének módszerei, kompetenciafejlesztés, a földrajzi tudás mérése-értékelése.

Nagy Lászlóné

A Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Élettani, Szervezettani és Idegtudományi Tanszékének adjunktusa, a Biológiai Szakmódszertani Csoport vezetője. Biológia-kémia szakos középiskolai tanári és pedagógiai előadói diplomáját az SZTE-n szerezte. Fő kutatási területe a biológia tantárgy-pedagógia kérdéseinek, a biológiai fogalmak és az analógiás gondolkodás fejlődésének, fejlesztésének kutatása. Publikációinak jelentős része e területeken folyó empirikus vizsgálatoknak eredményeit foglalja össze.

Radnóti Katalin

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizikai Intézetének főiskolai tanára. Kémia-fizika szakos középiskolai tanári diplomáját is ebben az intézményben szerezte. Kutatási területei a fizika és a természettudomány oktatása, a fogalmi fejlődés, a fogalmi váltás és a fizika alapfogalmainak megértési zavarait, a tévképzetek kialakulását és azok korrigálási lehetőségeit kutatja.

Revákné Markóczy Ibolya

A Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Ökológia Tanszékének adjunktusa, a Biológia és Környezettan Szakmódszertani Csoport vezetője. Biológia-kémia szakos középiskolai tanári diplomáját a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen szerezte 1986-ban. Fő kutatási területe a biológia tantárgy-pedagógia kérdéseinek, a természettudományos problémamegoldás sajátosságainak és fejlesztésének vizsgálata. Publikációs tevékenysége részben kutatási témáihoz, részben a biológiatanítás közoktatási gyakorlatához kötődnek.

Szabó Gábor

Egyetemi tanár, az MTA tagja, a Szegedi Tudományegyetem Fizika Doktori Iskola vezetője, a Magyar Innovációs Szövetség elnöke. Fizikus diplomáját a József Attila Tudományegyetem Természettudományi Karán szerezte 1978-ban. Az 1980-as években Göttingenben a Max-Planck Institute vendégkutatója volt több mint négy évig, majd a Rice Egyetem (Houston, 1990–95), az Osakai Egyetem (1995–96) és a Jénai Egyetem (1997–98) vendégprofesszora. Fő kutatási területei: optika, lézerfizika, alkalmazott fizika.

Tóth Zoltán

A Debreceni Egyetem Kémiai Intézetének habilitált docense, a Kémia Szakmódszertani Csoport vezetője. A Kossuth Lajos Tudományegyetemen szerzett előbb vegyész, majd kémiatanári diplomát. Kutatási területei: a tudásszerkezet, a fogalmi fejlődés, a fogalmi váltás és a fogalmi megértés zavarainak, tévképzetek kialakulásának vizsgálata a kémia tantárgy területén.

Wagner Éva

A budapesti Deák Diák Általános Iskola fizikatanára, igazgatóhelyettese. Az ELTE TTK-n szerzett matematika-fizika szakos tanári diplomát. Fő kutatási területe a 6–14 évesek természettudományos gondolkodásának alakulása, a fogalmi váltások előkészítésének és támogatásának szakmai és módszertani lehetőségei az általános iskolában.



National Development Agency
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



The project is supported by the European Union
and co-financed by the European Social Fund.



NEMZETI
TANKÖNYVKIADÓ

Raktári szám: 42682
ISBN 978-963-19-7236-8



9 789631 972368