

# 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 újragondolása. 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 jelezték, hogy napjainkban a tanulók jelentős része nem rendelkezik a felsőoktatási tanulmányok sikeres teljesítéséhez szükséges alapvető szaktu-

dományi ismeretekkel (Radnóti és Pipek, 2009; Radnóti, 2010; Revákné 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 meggyőzések 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, kiterjeszhetőségének 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 tananyagok 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 szükségsszerűvé 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 (Véres, 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 próbálták 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 műveltségkonceptiókban 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 szeretnének 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, propozíciók 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 propozíciókat képezünk. A propozíciók tények, állítások, amelyek két fogalom kapcsolatát jelzik (pl. a rózsza növény). A propozicionális reprezentációk az elme fogalmi tartalmát ragadják meg, nyelvszerűek, 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 konneccionista 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, világségi 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. forгатókönyv, 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 egyénekenként 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, meggyőződések feltárásának egyik leggyakoribb módszere a Piaget (1929) által kifejlesztett klinikai interjú alapul. Piaget kisgyerekeket kérdezett ki, hogy megtudja, milyen tudás, meggyőződés rejlik válaszaik mögött, amikor a világ egy-egy jelenségére magyarázatot adnak. Az interjú kivül 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 tényezőik 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 vérelemélet 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 tanulók, 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 tőle 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 fogalmi, meggyőződése 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; Saljő, 1999; Halldén, Scheja és Haglund, 2008; Leach és Scott, 2008*) hatásának vizsgálata is.

A kognitív tudomány eredményeinek hatására átértékelődött 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 ötéves tanulás szükséges. A mesterjelölt (vagy szakértő) néhány ezer sémával rendelkezik, sémáit adekváten 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 tízéves 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, ténymegnevezést 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 jelölik ki az adott diszciplína vagy tantárgy alapelveit; ne fedjék le az adott diszciplína vagy tantárgy teljes rendszerét, a központi területekre (*core area*) koncentráljanak. 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 egymásrautaltsága (*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*), gyermekkori 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: Élet-telen 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 diszciplínák 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 átívelő 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 sejtől 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 megértsék 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 (kereszttantervek) 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-

ciplínakon 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 átértékelődése 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
<p><b>Élettudomány (Life Science) / 45%</b>                      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></p>	<p><b>Biológia (Biology) / 35%</b>                      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></p>
<p><b>Anyagtudomány (Physical science) / 35%</b>                      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></p>	<p><b>Kémia (Chemistry) / 20%</b>                      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></p> <hr/> <p><b>Fizika (Physics) / 25%</b>                      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></p>

(folyt. a köv. oldalon)

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

### **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 műveleti 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 IAEP-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 ismeretelsajátítási 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; Zátanyi, 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. a 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 hangsúllyal 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 természettudományos 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 kutatással, 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 tanulóknak mennyi előismeretük van az adott témával kapcsolatban. Ha a tanulók előismeretei megfelelőek, akkor példák és ellenpéldák bemutatásával, megbeszéléssel 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 tanulóknak 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. Érdeemes 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 tananyagok 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 beilleszték 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 vegyék 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 szaktudomány 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](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](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](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/erttsegi\\_40\\_2002\\_201001/biologia\\_vk\\_2010.pdf](http://www.oh.gov.hu/letolt/okev/doc/erttsegi_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](http://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 tanulásához*. 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 vizsgatartás 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 and 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.
- Klunknavszky 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](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 Közoktatási 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](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/kozoktatas/archivum/kormany-243-2003-xii-17>.
- Oktatási és Kulturális Minisztérium (2007): *Nemzeti alaptanterv, 2007*. OKM, Budapest. [http://www.nefmi.gov.hu/letolt/kozokt/nat\\_070926.pdf](http://www.nefmi.gov.hu/letolt/kozokt/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 kémiatudása. *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.
- Saljő, 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/scientec18curr.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 Louden, 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.