

A fogalmi fejlődéstől a természettudományos nevelésig *Egy pszichológiai megközelítés*

Tanulmányunkban kognitív/fejlődési kutatásokon alapuló elméleti keretet mutatunk be. Azt bizonyítjuk, hogy a természettudományok tanulása fokozatos folyamat, amely során folyamatosan gazdagodnak és átszerveződnek a gyerekek mindennapi tapasztalatainak értelmezésein alapuló kezdeti fogalmi struktúrák. A fogalmi váltás magában foglalja a metafogalmi tudatosság, a kognitív flexibilitás és az elméleti koherencia növekedését is. A kutatás néhány, a természettudományi tanterv és az oktatás fejlesztésére vonatkozó következtetését tárgyaljuk.

Azt is megmutatjuk, hogy bár a kognitív/fejlődési kutatások hasznos információkkal tudnak szolgálni a természettudományok tanulásának folyamatáról, nem adnak elegendő információt azokról a külső, környezeti változókról, amelyek előmozdítják a kognitív teljesítményt és a fogalmi váltást. A jövőben egy olyan tanulásemélet kifejlesztésére van szükség, amely hidat képez a természettudományos nevelési és a kognitív/fejlődési kutatások között. Ennek az elméletnek pontosan meg kell határoznia azokat a mechanizmusokat, amelyek az egyént a kognitív teljesítmény egy adott szintjéről el tudják juttatni a következő szintre, és ezeket a mechanizmusokat hozzá kell kapcsolnia a helyzeti és a kulturális tényezőkhez.

Az utóbbi két évtizedben a természettudományi nevelők és kognitív/fejlődépszichológusok egymással párhuzamosan munkálkodva próbálták megérteni, hogyan fejlődnek a fizikai világgal kapcsolatos kezdeti fogalmak, és hogyan változnak meg akkor, amikor a tanulók természettudományi oktatásban részesülnek.

A természettudományos nevelésre irányuló kutatásokban mérföldkövet jelentett olyan kutatók munkája, mint *Novak* (1977a), *Driver* és *Easley* (1978), valamint *Viennot* (1979), akik az elsők között figyeltek fel arra a tényre, hogy a tanulók a természettudományos tanulási feladat megoldásában saját, erőteljes értelmezési kereteikre vagy tévképzeteikre támaszkodnak, amelyeket oktatással nehéz megszüntetni. *Piaget* konstruktivista episztemológiájának hatására ezek a kutatók azonban ráeszméltek arra is, hogy több figyelmet kell fordítani „a tanulói elképzelések tényleges tartalmára, és kevesebbet a feltételezett alapvető logikai struktúrákra” (*Driver* és *Easley*, 1978 76. o.), valamint „át kell váltani a kognitív fejlődés stádiumfüggő nézetéről egy olyan nézetre, amelyben a kognitív fejlődés az egyéni fogalmak keretétől függ, illetve azoktól az integrációktól, amelyek e fogalmak között jönnek létre az egyén aktív élete során” (*Novak*, 1977b 473. o.).

Elméleti keretet keresve a természettudományok tanulásának megértéséhez, néhány természettudományos nevelő a tudományfilozófiához és tudománytörténethez mint a fogalmak változásával kapcsolatos hipotézisek fő forrásához fordult (*Posner* és *mtsai*, 1982). Ezek a kutatók párhuzamot vontak *Piaget* „asszimiláció” és „akkomodáció” fogalmai, valamint a „normál tudomány” és a „tudományos forradalom” fogalmak között, amelyeket *Kuhn* (1970) és más tudományfilozófusok vezettek be a tudománytörténet során be-

következett elméletváltások magyarázatára. Posner és mtsai (1982) ebből az analógiából olyan oktatásméletet vezettek le, amely segíti az „akkomodációt” a tanulók természettudomány-tanulásában. Elméletük szerint négy olyan alapvető feltétel van, amelynek teljesülnie kell ahhoz, hogy a fogalmi váltás bekövetkezhesen: elégedetlenség a meglévő fogalmakkal szemben, az új fogalomnak érthetőnek kell lennie, az új fogalomnak első látásra elfogadhatónak kell tünnie és az új fogalomnak egy gyümölcsöző kutatási program lehetőségét kell nyújtania.

Ez az elméleti vázlat lett az a vezető paradigma, amely sok éven át irányította a kutatást és az oktatási gyakorlatot a természettudományos nevelésben. Ugyanakkor azonban számos bírálat is érte, amelyeket a természettudományos nevelés területén végzett jelenlegi kutatások próbálnak megválaszolni. E kritikai kérdések közül néhány: Mennyire koherensek és mennyire állnak ellen az oktatásnak a tanulók kezdeti fogalmi a fizikai világról? Jó stratégia-e a kognitív konfliktus a fogalmi váltás eléréséhez? A természettudományos nevelésnek a „fogalmi váltás” létrehozására kell törekednie vagy inkább a „többszörös reprezentációk” létrejöttének elősegítésére?

Magunk mellett érvelünk, hogy e kérdések megválaszolásához további kutatásra van szükség a fizikai világról való tudás fejlődésével és a természettudományok tanulásával kapcsolatban. Csak az ilyen kutatás alapján hozhatunk józan döntéseket a természettudományi tanterv készítését, valamint az oktatási módszereket és stratégiákat illetően. A kognitív/fejlődési kutatás gazdag leírással szolgálhat a tanulók tudásállapotairól különböző életkorokban, illetve a szakértelem megszerzésének fázisaiban, amely alapját képezheti az oktatás szisztematikus elméletének. A továbbiakban leírunk néhány, a természettudományok tanulása során a fogalmi fejlődésben bekövetkező változást, és megtárgyaljuk azok oktatásra vonatkozó következményeit, jelezve elképzeléseinket arról, hogyan lehetne a legjobban szintetizálni a pszichológiához és a természettudományi neveléshez kötődő megközelítéseket.

A kognitív fejlődési kutatások és a fogalmi váltás problematikája

A kognitív fejlődés területén végzett legfrissebb kutatások megpróbálták megtalálni a módját annak, hogy a Piaget-i konstruktivizmust összeegyeztessék a kísérleti eredményekkel, amelyek egyrészt azt jelzik, hogy a gyerekek kognitív képességei sokkal jobbak, mint ahogyan azt Piaget eredetileg gondolta, másrészt azt, hogy a kezdeti fogalmi struktúrák radikális változásokon mennek keresztül a fejlődés során. E tekintetben fontos volt Carey (1985) feltevése, amely szerint a kognitív fejlődést tekinthetjük úgy, hogy az terület-specifikus átrendeződést foglal magában. Megelőzőleg ugyanis, a Piaget stádiumelméletét követő fejlődépszichológusok a kognitív fejlődést globális átrendeződésként értelmezték, azaz a gondolkodás logikai struktúrájában bekövetkezett változásokat a gyerekeknek a fizikai világgal kapcsolatos aktív, konstruktív kölcsönhatásának tulajdonították. Feltételezték, hogy ilyen változások a gyerekek gondolkodási és ismeretszerzési képességét minden területen korlátozzák. (1)

Carey az úgynevezett terület-specifikus elméletváltás típusa mellett érvelt. E nézet szerint a gyerekek kezdetben néhány elméletszerű fogalmi struktúrával rendelkeznek (például naiv pszichológia és naiv fizika), amelyek átrendeződés révén új elméletekhez vezetnek (például biológia, közgazdaságtan, mechanikaelmélet, hőelmélet stb.). Ezt a fajta terület-specifikus átrendeződést úgy tekintette, mint a gyerekeknek az adott területről való (saját tapasztalataikból fakadó és/vagy az oktatásból származó) tudásgyarapodásának hozadékát, nem pedig mint a gyermek logikai képességeinek eredményét (habár nem zárta ki szükségszerűen az ilyen fejlődést).

A terület-specifikusság hangsúlyozása összhangban van az emberi elméről jelenleg vallott nézetekkel, amelyek szerint az inkább moduláris rendszer, mint általános információ-feldolgozó. Logikusnak tűnik feltételezni, hogy az emberi evolúció több ezer éve alatt ez a rendszer speciális kognitív mechanizmusokat fejlesztett ki a különböző információk

kezeléséhez (*Hirschfeld és Gelman, 1994*). A terület-specifikusság összhangban áll a szakértő/újonc (*expert/novice*) váltást vizsgáló kutatás eredményeivel is, amelyek arra utalnak, hogy a fizika, az orvostudomány vagy a sakk területén szakértő egyének elsősorban a tudásbázisukat képező információ tartalmában és szerveződésében különböznek az adott területen újoncoktól, nem pedig az erőteljesebb általános feldolgozó stratégiák használatában (*Chi és mtsai, 1981; Larkin, 1983*). Végül, ezek az eredmények megegyeznek a természettudományos nevelők azon megfigyeléseivel, hogy a természettudományok tanulása specifikus fogalmakból létrejött keretektől és az e fogalmak közötti, az egyén aktív élete során létrejött integrációktól függ (*Novak, 1977b*). (2)

A fogalmi váltásra vonatkozó fejlődéskutatásnak legalább két különböző iránya van. Néhány fejlődépszichológus csecsemők és kisgyerekek fogalmi tudásának vizsgálataira koncentrálna, és azt próbálja meghatározni, hogyan szerveződik a fogalmi tudás, és ki lehet-e jelteni, hogy az eléri az „elmélet” státuszát. Más kutatók azt próbálták megérteni, hogyan változnak a fogalmi struktúrák a fejlődési folyamatban és a szakértelem megszerzése során. Tanulmányunk a kognitív/fejlődéskutatás utóbbi irányára összpontosít.

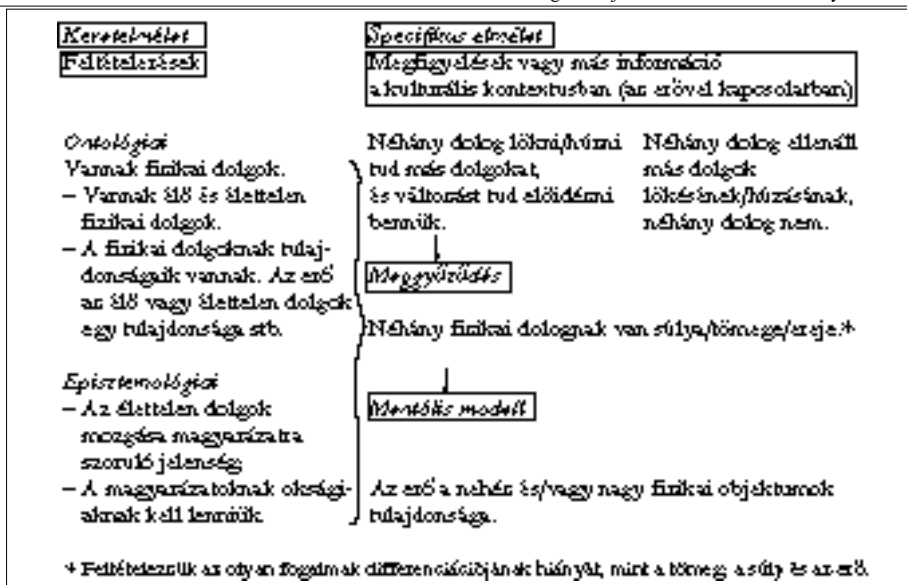
A természettudományi fogalmak fejlődése

Fogalmak és fogalmi struktúrák

Az utóbbi években érdekes megfordítása tapasztalható annak a nézetnek, hogy az emberek az ismeretszerzés folyamatát elemi fogalmak formálásával kezdik, amelyeket aztán a hasonlóság alapján összekapcsolnak komplexebb fogalmi struktúrákat kialakítva. Számos kutató hozott meggyőző érveket annak a feltevésnek a bizonyítására, hogy a fogalmak kezdetől fogva nagyobb elméleti struktúrákba ágyazódnak be (például *Carey, 1983; Murphy és Medin, 1985; Vosniadou és Ortony, 1989*).

E fordulat egyik oka azzal a felismeréssel kapcsolatos, hogy a hasonlóság fogalma nem elegendő annak megmagyarázására, hogyan csoportosulnak és hoznak létre kategóriákat az elemi fogalmak (*Rips, 1989; Medin és Ortony, 1989*). (3) Azt a nézetet, hogy a fogalmak elméletekbe ágyazódnak, csecsemőkkel végzett kísérleteik is alátámasztják. Ezek azt mutatják, hogy az emberi elme veleszületetten, hogy megbirkózhasson születéskor a környezeti stimuláció komplexitásával, sokkal specializáltabb, mint azt eredetileg hitték (*Keil, 1990; Gelman, 1991*). E kutatások sikeresen leírtak néhány olyan alapvetet, amelyek, úgy látszik, a fizikai világról történő ismeretszerzés folyamatát irányítják. Például *Spelke (1991)* a fizikai objektumok öt olyan jellemzőjét írta le, amelyeket a csecsemők már korán érzékelnek: folytonosság, szilárdság, nincs hatás a távolban, gravitáció és tehetetlenség. (4)

Korábbi munkáinkban már megmutattuk, hogy az ilyen kényszerek vagy elsáncolt (*entrenched*) feltételezések a naiv fizika keretelméletében (*framework theory*) (5) szerveződnek, amely nem érhető el tudatosan vagy hipotézisek tesztelésével (*Vosniadou, 1994*). Ez a keretelmélet úgy korlátozza a fizikai világról történő ismeretszerzés folyamatát, mint azok a kutatási programok, paradigmák, amelyekről azt feltételezik, hogy megszüntik a tudományos elméletek fejlődését (*Lakatos, 1970; Kuhn, 1977*). A fizika keretelméletén túlmenően feltételezzük továbbá azt is, hogy a gyerekek specifikus elméleteket (*specific theory*) is konstruálnak a jelenségek bizonyos szűk körének magyarázatára (ilyenek például a nap-éj ciklus magyarázatai, az élettelen dolgok mozgásának magyarázatai és hasonlók). A specifikus elméleteket meggyőződések (*beliefs*) alkotják, amelyek mentális reprezentációk vagy mentális modellek létrejöttéhez vezetnek a keretelmélet feltételezéseinek körülményei között. (6) Ezeket az elméleti kifejezéseket a következőkben definiálni fogjuk. Az 1. ábrán egy példát mutatunk be, a kisgyermeknek az erőre vonatkozó kezdeti mentális modellje mögött feltételezett fogalmi struktúráját.



1. ábra

A „belső erő” mentális modell mögött meghúzódó, feltételezett fogalmi struktúra

A keretelméletek ontológiai és episztemológiai feltételezésekből (presuppositions) állnak. Az ontológiai feltételezések az általunk létezőnek tekintett dologfajtákkal és kategorizálásukkal kapcsolatosak. Például feltételezzük, hogy ontológiánkban vannak olyan entitások, mint a fizikai dolgok, és hogy a fizikai dolgok élő és élettelen kategóriákba tartoznak. Továbbá feltételezzük azt, hogy a fizikai dolgoknak tulajdonságaik vannak, és az erőt a fizikai dolgok tulajdonságának tekintjük. Az episztemológiai feltételezések ismereteink természetével kapcsolatosak. Ebben a kategóriába azokat a feltevéseket soroljuk, amelyek a magyarázat vagy a tanulás természetével foglalkoznak. Ugyancsak ide sorolhatók a tanuló személyiségével kapcsolatos feltételezések is.

A specifikus elméletek a fizikai dolgok tulajdonságait vagy viselkedését leíró, egymással kölcsönösen kapcsolatban levő állítások vagy meggyőzések készletéből állnak. A meggyőzések megfigyelés és/vagy a kultúra által közvetített információkon keresztül jönnek létre a keretelmélet korlátai között. (7) Például az olyan információk, mint „néhány tárgy ellenáll más tárgyak lökésének/húzásának, mások pedig nem” (lásd az 1. ábrát) rendszerint megfigyelések révén jönnek létre. Más információk (például az, hogy „a Föld kerek”) adott kulturális kontextusban elhangzott verbális kijelentésekből származhat. A specifikus elméletet képező meggyőzéseket leírhatjuk úgy, mint magából a megszerzett tudás struktúrájából felszínre törő, másodrendű korlátokat, mivel ez a tudásstruktúra az ismeretszerzési folyamatra ráerőlteti saját, egyedülálló hatását. Ahogyan az 1. ábrán látható, az a feltételezett meggyőződés, hogy „az erő az olyan dolgok tulajdonsága, amelyek nehezek”, az egyén által, megfigyeléseken vagy más, a kulturális kontextusból eredő információn alapuló, és az egyén ontológiai és episztemológiai feltételezéseinek korlátai között létrehozott konstrukció.

A keret- és a specifikus elméletek szolgálgják az alapot a problémamegoldó helyzetekben a mentális modellek szituáció-specifikus reprezentációinak létrehozásához. A konstrukciót vagy a mentális modellt az egyes kutatók különböző értelemben használták (például Johnson-Laird, 1983; Gentner és Stevens, 1983). A mentális modell ebben az esetben a mentális reprezentáció speciális fajtáját jelenti, egy olyan analóg reprezentációt, amelyet az egyének a kognitív működés során hoznak létre, és amelynek speciális jellemzője az, hogy megör-

zi annak a dolognak a struktúráját, amelyet feltételezhetően reprezentál. A mentális modellekről feltételezzük, hogy dinamikus és generatív reprezentációk, amelyek mentálisan manipulálhatók azért, hogy oksági magyarázatokat adjanak fizikai jelenségekre és előre jelezzék a fizikai világ dolgainak állapotát. Ahogyan azt korábban már említettük, véleményünk szerint a legtöbb mentális modell létrejött azonnali, specifikus probléma-megoldási szituációk döntési szükségleteihez kötött. Lehetséges azonban, hogy néhány mentális modell vagy azoknak a múltban hasznosnak bizonyult részei mint különálló struktúrák tárolódnak a hosszú távú memóriában és visszahívhatók onnan, ha szükséges. Még akkor is, ha helyben, a problémaszituációban jönnek létre a mentális modellek, feltételezzük, hogy több állandó tulajdonsággal rendelkeznek, mert az alapul szolgáló keret- és specifikus elemek korlátai között keletkeznek. (8)

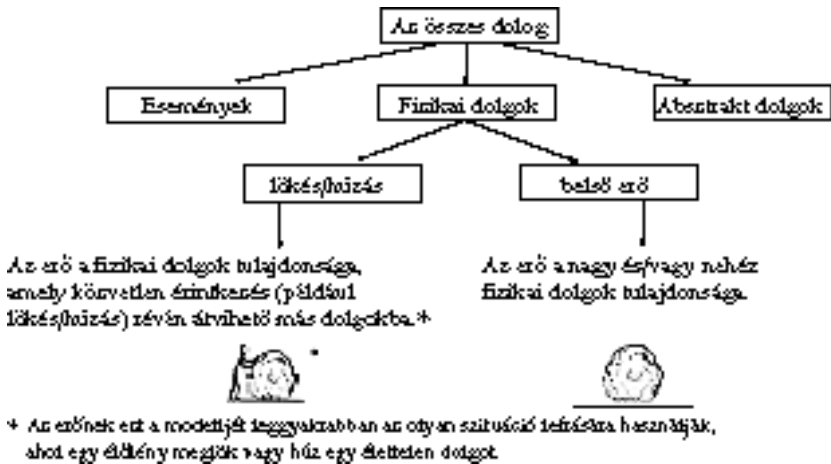
Munkánk nagy részét annak szenteltük, hogy megértsük a gyerekek mentális reprezentációit vagy mentális modelljeit a fizikai világról, és megértsük, hogyan változnak ezek a modellek a személyiségfejlődés és a természettudományok tanulása során.

A kezdeti mentális modellek (initial mental models) a fizikai világról való első reprezentációk, amelyeket a gyerekek azelőtt hoznak létre, mielőtt természettudományos képzésben részesülnének. A kognitív/fejlődési kutatások egyik legfontosabb eredménye az, hogy a gyerekek a természettudományok tanulását nem „tisztá lappal” kezdik, hanem mindennapi tapasztalataik alapján gazdag tudással rendelkeznek a fizikai világról. Elméleti keretünkben ezt a tudást keret- és specifikus elméletek, valamint mentális modellek formájában írjuk le. Kidolgoztunk egy módszert, amellyel meg tudjuk érteni, milyen mentális modelleket alkotnak a gyerekek a vizsgálatok alkalmával és a modellek alapján hipotéziseket fogalmazhatunk meg a feltételezett, alapul szolgáló fogalmi struktúrákkal kapcsolatban.

Ez a kutatás megmutatta, hogy viszonylag kevés mentális modell típus van, amelyek köréből a gyerekek a specifikus, kontextusra érzékeny, szituációs mentális modelleket létrehozzák. Például a gyerekeknek a Földről, a Napról, a Holdról, a nappal–éjszaka ciklusról stb. alkotott mentális modelljeire irányuló vizsgálataink azt mutatják, hogy a Földet egy hatalmas, kiterjedt, sík fizikai objektumként képzelik el, amelyet a talaj támaszt alá és az égbolt borít felül. Az égitestekről pedig azt gondolják, hogy azok a sík földfelszín fölött helyezkednek el, felfelé és lefelé mozognak, vagy a nappal–éjszaka ciklus során eltűnnek a hegyek vagy a felhők mögött (Vosniadou és Brewer, 1992, 1994).

Más vizsgálatok az „erő” fogalmának fejlődését követve többszörös mentális modellek (multiple mental models) együttes létezését tárták fel. Úgy tűnik, ezek a mentális modellek elkülönülten szerveződnek a tudásbázisban (Ioannides és Vosniadou, 1993; Vosniadou és mtsai, megjelenés előtt). Konkrétabban, az erő mentális modelljének két, a fiatal gyerekek körében általánosnak tűnő típusát azonosítottuk. Az egyik a belső erő modellje, amely szerint az erő azoknak a fizikai objektumoknak tulajdonsága, amelyek viszonylag nagyok és/vagy nehezek, ahogyan ez az 1. ábrán látható. A másik az erő lökő/húzó mentális modellje, amely szerint az erő a fizikai objektumok olyan tulajdonsága, amelyet át lehet vinni egyik tárgyról a másikra közvetlen érintkezés révén. Úgy fest, ezt a modellt azokban a szituációkban használják leggyakrabban, amelyekben egy élő ágens lök vagy húz egy élettelen tárgyat. Az erőnek ezt a két reprezentációját írja le a 2. ábra diagramja.

Amikor ugyanazon fogalom többszörös reprezentációi együttesen léteznek a tudásbázisban, a kontextuális/szituációs változók különösen fontossá válnak, hiszen ezek hatásától függ, hogy melyik reprezentációt fogják a gyerekek nagyobb valószínűséggel használni. Például a laboratóriumunkban folytatott vizsgálatok során azt találtuk, hogy a súlyban és/vagy méretben kifejezett erőről való gondolkodás valószínűsége sokkal kisebb, amikor jelen van egy ember, aki húz vagy lök egy élettelen tárgyat, sőt még azokban a szituációkban is, amelyekben jelen van ugyan egy ember, de nem lök vagy húz semmit sem.



2. ábra.
Az erő kezdeti reprezentációi

Fogalmi váltás

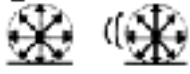
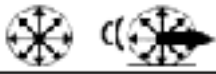
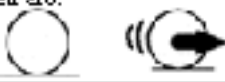
A fejlődési, keresztmetszeti kutatások megmutatták, hogy a kisgyerekek világról való kezdeti reprezentációi fontos változásokon mennek keresztül a fejlődés és a tanulás során. Van olyan e változások között, amelyet nem lehet közvetlenül összefüggésbe hozni a természettudományos tanulással, de van, amelyet igen. Az első változást „spontánnak”, a másodikat „oktatáson alapulónak” fogjuk nevezni.

Spontán változások. A kezdeti fogalmi struktúrák sokkal nagyobb mértékben változhatnak a gyerekek gazdagodó, a kulturális kontextusban történő megfigyelési eredményeként vagy más kulturális tanulás (például nyelvtanulás) folytán, mint a specifikus természettudományos oktatás hatására. Ilyen fogalmi váltásra példa a belső erő modelljéről (az erő a nagy/nehez élettelen tárgyak belső tulajdonsága) történő váltás a szerzett erő modelljére (az erő az élettelen dolgoknak csak egy szerzett tulajdonsága).

Vizsgálataink megmutatták, hogy az óvodás gyerekek az erőnek azt a mentális modelljét részesítik előnyben, amely szerint az a nagy és nehéz tárgyak belső tulajdonsága, függetlenül attól, hogy azok élők-e vagy sem (3. ábra 1. modell). Úgy tűnik, ahogyan fejlődnek a gyerekek, kezdik megkülönböztetni az élő dolgokat (amelyek maguktól mozognak) az élettelen dolgoktól (amelyek mozgása magyarázatra szoruló jelenség) az erővel kapcsolatban. Ezen a ponton az erő mentális modelljét arra az elképzelésre építik, hogy azoknak az élettelen dolgoknak, amelyek mozognak, „több erejük van”, mint azoknak, amelyek nem (3. ábra, 2. modell). Úgy tűnik, ez a modell összekapcsolja a belső erő modelljét a lökő/húzó modell aspektusaival. A hozzáadott erő – amelyet mi szerzettnek nevezünk – egy élő dolog transzferálható tulajdonsága (rendszerint), amely az élettelen dolog mozgását okozta. Ez a szerzett erő végül is szétoszlik, a tárgyat ismét mozdulatlanságra ítélve.

Egy későbbi életkorban a gyerekek, úgy fest, az élettelen dolgok esetében teljesen feladják a belső erő modellt. Feltételezzük, hogy ez annak az eredménye, hogy elkülönítik az erőt a súlytól és/vagy a tömegtől. Az erő új modellje csak a szerzett erő fogalmát tartalmazza (3. ábra, 3. modell). Azok a gyerekek, akik ezt a modellt alakítják ki, az élettelen dolgokban levő erőt mindig hozzákapcsolják a mozgás meglétéhez. A magyarázó modell, amely a mozgást az erőhöz kapcsolja, jól ismert, számos vizsgálatban megfigyelték (McCloskey 1983; Clement, 1983), illetve a tudománytörténet során is felbukkan (Nersessian és Resnick, 1989). Ahogyan a 3. ábra mutatja, tiszta fejlődési előrehaladás tapasztalható az első mentális modellből a másodikba, majd a harmadikba.

Oktatáson alapuló váltások. A fogalmi váltás más típusait a természettudományok tanítása eredményezi. Egy ilyen váltásra szolgálnak példaként a Föld vagy a nappal-éjszaka ciklus szintetikus mentális modelljei, amelyeket Vosniadou és Brewer (1992; 1994) írt le. A szintetikus modelleket úgy magyaráztuk, hogy azok a gyerekek egy részénél a jelenleg elfogadott tudományos magyarázat (a Föld gömb alakú) és saját kezdeti fogalmuk aspektusainak (például a Föld lapos) szintetizálási kísérleteit reprezentálják. Néhány gyerek a tudományos információt úgy értelmezi, hogy a Föld egy gömb, de az emberek egy lapos földfelszínen élnek mélyen a gömb belsejében (4. ábra, üreges gömb modell). Más gyerekek olyan reprezentációt hoznak létre, amely szerint a Föld mindenütt gömb alakú, de a tetején van egy sík rész, ahol az emberek élnek (4. ábra, lapított gömb modell). Mások úgy gondolják, hogy két Föld van, egy lapos, amelyen az emberek élnek és egy gömb alakú bolygó fenn az égen (4. ábra, kettős Föld modell).

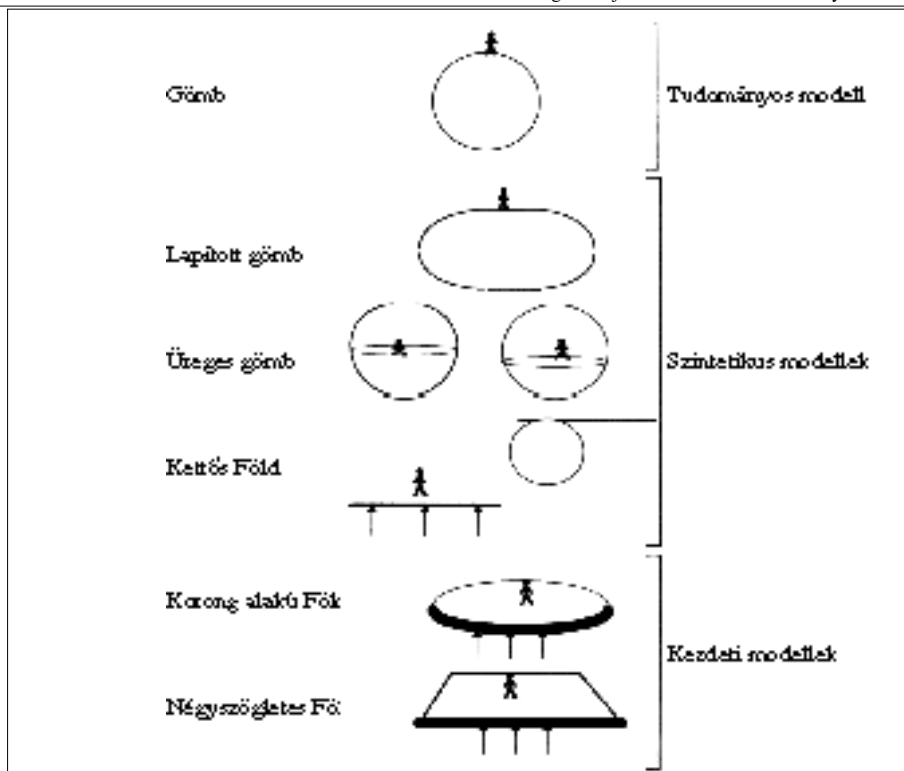
Mentális modellek	óvoda n=15	4. évfolyam n=30	6. évfolyam n=30
1. Belső erő Az álló és a mozgó nehéz tárgyakban van egy belső erő. 	53,3%	13,4%	0%
2. Belső erő és szerzett erő Az álló, nehéz tárgyak belsejében van egy belső és egy szerzett erő. 	20%	26,4%	20%
3. Szerzett erő Csak a mozgó dolgok belsejében van szerzett erő. 	6,7%	26,9%	56,7%
4. Kevert*	20%	33,3%	23,3%
* A kevert kategóriát akkor használjuk, amikor az erő fent említett modelljei közül a gyerekek egymél többet alkalmaznak következtetésük nélkül.			

3. ábra

Az erő néhány mentális modellje: fejlődési irányok

A gyerekek azért hoznak létre ilyen szintetikus modelleket, hogy összeegyeztessék a kultúrából szerzett, a Föld alakjára vonatkozó információt (a Föld gömb alakú) bizonyos, a mindennapi tapasztalatokkal alátámasztott, saját feltételezéseikkel és meggyőződéseikkel. Ilyen feltételezések például, hogy „a Föld lapos”, „a tér a felfelé és lefelé mutató irányok szerint szerveződik”, valamint „azok a fizikai dolgok, amelyek nincsenek alátámasztva, lefelé esnek” (Vosniadou és Brewer, 1992).

Szintetikus modelleket nemcsak a Föld fogalmával kapcsolatban lehet felfedezni. Gyakorik a mechanikában (Ioannides és Vosniadou, 1993), a geológiában (Ioannides és Vosniadou, 1997) és a biológiában is (Kyrkos és Vosniadou, 1997; Archodidou és Jacobson, 1997). Megtalálhatók a természettudományos neveléssel kapcsolatos kutatások során megfigyelt számos tévképzetben is (például Novak, 1977c).



4. ábra
A Föld mentális modelljei

A fogalmi váltás magyarázata

Ahhoz, hogy megmagyarázzuk a fogalmi váltás spontán vagy oktatáson alapuló fajtáit, fel kell tételeznünk azt, hogy az ismeretszerzés során a meglévő tudásstruktúrák folyamatosan gazdagodnak és/vagy átszerveződnek. Feltételeztük, hogy a fogalmi struktúrák komplex hálózattá fűzik össze az egymással kölcsönösen kapcsolatban levő megfigyeléseket, meggyőződéseket és feltételezéseket, amely egy viszonylag koherens magyarázó keretet ad. Annak ellenére, hogy kölcsönös kapcsolatokat tételeztünk fel, a különféle meggyőződések és feltételezések eltérő súllyal bírnak, és egyeseket közülük sokkal nehezebb megváltoztatni, mint a többit. Vosniadou és Brewer (1992, 1994) megkülönböztették a mindennapi megfigyelésekre alapozható és viszonylag könnyen változtatható meggyőződéseket (ilyen például az, hogy „a Nap és/vagy a Hold korong, nem pedig gömb alakú”) azoktól a feltételezésektől, amelyek közelebb vannak a veleszületett alapokra épülő korlátokhoz vagy alapelvekhez és nehezebben változtathatók meg. Ahogyan korábban említettük, ez a megkülönböztetés döntő fontosságú ahhoz, hogy megmagyarázzuk azokat az empirikus kutatási eredményeket, amelyek egyrészt azt mutatják, hogy a fizikai világról történő ismeretszerzésben van egyfajta sorrend (például a gravitáció megértése a Földre vonatkozóan alapvető fontosságú a Föld gömb alakjának megértéséhez), másrészt jelzik, hogy a gyerekek fizikai világról való tudásának bizonyos aspektusait nehezebb megváltoztatni, mint másokat (például az a feltételezés, hogy az erő a fizikai objektumok tulajdonsága, el- lentmond az „erő mint kölcsönhatás” newtoni értelmezésnek).

További két feltevés szükséges a kapott empirikus eredmények magyarázatához. Az egyik az, hogy a tanulók (a gyerekek és a felnőttek egyaránt) nincsenek tudatában a tanulásukat

korlátozó feltételezések és meggyőződések hipotetikus jellegének. Inkább a fizikai világ működésével kapcsolatos tényeknek tekintik azokat, mintsem egy hipotetikus magyarázó keret bizonyításra szoruló feltevésének. A másik feltevés diSessa (1993) azon kijelentéséhez kötődik, amely szerint a gyerekek által használt magyarázó keretből hiányzik a fizika elméletének rendszeressége és koherenciája, ellentétben a szakértők által használt magyarázó keretekkel. A fogalmi váltás nemcsak a specifikus meggyőződésekben és feltételezésekben történt változást foglalja magában, hanem megköveteli a metafogalmi tudatosság fejlődését, és rendszerezettebb, koherensebb és nagyobb magyarázó erővel bíró elméleti keretek létrehozását is.

A fejlődéskutatás fontos eredményeket hozott a fogalmi váltás természetéről és folyamatáról. Egyik ezek közül az, hogy a gyerekek már akkorra, amikor általános iskolába kerülnek, létrehoznak kezdeti fogalmi struktúrákat a fizikai világról. Ezek a kezdeti fogalmi struktúrák nagyon különböznek azoktól, amelyekkel majd az oktatás során találkozni fognak, és ezek adják azt a bázist, amely alapján az új információ befogadása megtörténik. A fogalmi váltás fokozatos és komplex folyamatnak tűnik, amely során a megfigyelésből és/vagy oktatásból származó információ a meglévő meggyőződések és feltételezések gazdagítását, kicserélését vagy átszervezését eredményezi.

Az e vizsgálatokból kirajzolódó fogalmi váltás folyamat jellege néhány fontos ponton eltér a természettudományok tanulásának Posner és mtsai (1982) által képviselt nézetétől. Posner és mtsai (1982) elmélete két elkülönült, egyformán jól szervezett magyarázó rendszer közötti összeférhetetlenségre helyezi a hangsúlyt, ahol az egyikről le kell mondani a másik javára. A fent említett kognitív/fejlődési kutatások eredményei azonban arra utalnak, hogy a fogalmi váltás a kezdeti fogalmi rendszer lassú felülvizsgálatát jelenti a jelenleg elfogadott tudományos magyarázatok elemeinek fokozatos beolvasztásán keresztül. E folyamat alatt a tanulókat segíteni kell abban, hogy tudatában legyenek meglévő meggyőződéseiknek és feltételezéseiknek, s hogy olyan nagyobb elméleti konstrukciókat alkossanak, amelyek megfelelőbb magyarázatokat szolgáltatnak.

A kognitív/fejlődési kutatások eredményeinek a Posner és mtsai (1982) által képviselt elméleti kerettől eltérő következményei vannak a természettudományok oktatására nézve. (9) Az alábbiakban ezekből a következményekből ismertetünk néhányat.

Tantervkészítés és oktatás: a kognitív fejlődési kutatás következményei

A természettudományok tanulási folyamatának a fentiekben kifejtett, terület-specifikus átrendeződési interpretációjából sajátos javaslatok következnek a természettudományi képzés számára, mind a tanterv, mind pedig az oktatási módszerek és beavatkozások szintjén.

A természettudományok tantervei

Az a kutatási eredmény, hogy a természettudományi fogalmak és magyarázatok megértésének folyamatában valószínű a szintetikus modellek vagy tévképzetek megjelenése, szükségessé teszi a tantervi anyag terjedelmére vonatkozó jelenlegi döntések felülvizsgálatát. Eredményesebb lehet olyan tanterveket kidolgozni, amelyek adott tantárgyi területen néhány kulcsfogalom mély feltárására és megértésére koncentrálnak, mint olyanokat, amelyek nagy mennyiségű anyagot, ám felületesen ölelnek föl. Például Görögországban a természettudományi tanterv az ötödik évfolyam számára rövid egységeket ír elő mechanikából, termodinamikából, valamint az energia, az anyag részecske természete és az életfolyamatok stb. témákból. Ez a megközelítés nem hagy elegendő időt a tanulóknak a tanított fogalmak minőségi megértésére. Ösztönzi viszont a tények rendszertelen memorizálását, és nagy valószínűséggel logikai következtetlenséghez és tévképzetekhez vezet. A tanárokat is arra készíti, hogy a teljes anyag átadására törekedjenek, aminek következtében nem fordítanak elég figyelmet arra, hogy mit értenek meg valójában a tanulók.

A természettudományok tanulásával kapcsolatos kutatások azt is megmutatták, hogy egy adott tantárgyi területhez tartozó fogalmaknak összefüggő struktúrájuk van, amely befolyásolja elsajátítási sorrendjüket. Ezt a struktúrát figyelembe kell venni mind a tantervkészítésnél, mind az oktatás során. Például a csillagászat területén a tanulók a Föld gömb alakját csak a gravitáció elemi fogalmának elsajátítása után értik meg. A nappal-éjszaka ciklusnak a Föld tengelykörüli rotációján alapuló magyarázatát csak akkor lehet megérteni, ha a gyerek már tudja, a Föld egy forgó gömb és a Hold kering a Föld körül. Különböző tévképzeteket alakítanak ki, mint például, hogy „a Nap és a Hold a felfelé/lefelé forgó Föld szemközti oldalán állnak” (Vosniadou és Brewer, 1994). Hasonlóképpen, az évszakok tudományos magyarázata csak azoknál a tanulóknál jelenik meg, akik kialakították a heliocentrikus naprendszer mentális modelljét, ismerik a Föld, a Nap, a Hold relatív méretét, és értik a nappal-éjszaka ciklus tudományos magyarázatát. Ahogyan azt *Saddler*nek a Harvard hallgatói körében folytatott vizsgálatai jelzik, csak nagyon kevés egyetemista érti az évszakok váltakozását, annak ellenére, hogy ez a téma az elemi szintű természettudományi tantervben szerepel az Egyesült Államokban.

Jelenleg a bemutatott kutatási eredményeket nem veszik figyelembe a természettudományi tantervek készítésekor. A csillagászati egységek részletes tanulmányozása négy vezető természettudományi tankönyvsorozatban az Egyesült Államokban, valamint a görög nemzeti tanterv vizsgálata az általános iskolásoknak tanítandó csillagászatot illetően azt mutatja, hogy számos fogalmat vezetnek be úgy egymás után, hogy nem látják el a tanulókat a fogalmak megértéséhez szükséges összes információval.

Oktatási stratégiák és beavatkozások

Annak a felismerésnek, hogy a gyerekek nem üres edényekként kerülnek az iskolába, hanem a világ működéséről reprezentációik, meggyőződéseik és feltételezéseik vannak, amelyeket nehéz megváltoztatni, fontos következményei vannak a természettudományi oktatás számára. A tanároknak ismeretekkel kell rendelkezniük arról, hogyan látják a tanulók a fizikai világot, és meg kell tanulniuk, hogy tanulóik nézőpontjait figyelembe vegyék a tanítás tervezésekor. Az oktatási intervenciókat úgy kell megtervezni, hogy azok tudatosítsák a tanulóknál az őket korlátozó implicit reprezentációikat, meggyőződéseiket és feltételezéseiket; gondoskodjanak jelentőségteljes tapasztalatokról, amelyek arra ösztönzik a tanulókat, hogy megértsék saját magyarázataik korlátait és megváltoztassák azokat.

A metafogalmi tudatosság elősegítése. Bár a gyerekek viszonylag jól interpretálják mindennapi tapasztalataikat, úgy fest, nincsenek tudatában az általuk létrehozott magyarázó kereteknek. Nem érzékelik, hogy a fizikai jelenségekre adott magyarázataik hipotézisek, amelyek kísérletezés és falszifikáció tárgyai lehetnek. Magyarázataik implicit és hallgatóságosak maradnak. A metafogalmi tudatosság ilyenfajta hiánya megakadályozza a gyerekeket abban, hogy megkérdőjelezzék előzetes tudásukat, ugyanakkor ösztönzi az új információk asszimilációját a meglevő fogalmi struktúrákba. Az asszimilációs tevékenység e típusa látszik alapját képezni a szintetikus modellek és tévképzetek létrehozásának és ez található meg a tanulói gondolkodásban gyakran megfigyelt felszíni következtetés gyökerénél is.

Ahhoz, hogy segítsük a gyerekeket a metafogalmi tudatosságuk növelésében, olyan tanulási környezet megteremtése szükséges, amely lehetővé teszi a számukra, hogy kifejezésre juttassák reprezentációikat és meggyőződéseiket. Ezt olyan környezetekben lehet megtenni, amelyek ösztönzik a csoportos beszélgetést és az elképzelések verbális kifejezését. Az utóbbi időben megjelentek azok a technológia támogatta tanulási környezetek, amelyek megkönnyítik a tanulóknak a jelenségekről alkotott belső reprezentációik kifejezését és a mások reprezentációival történő összehasonlítását. Lehetséges, hogy az ilyen tevékenységek időigényesek, ám fontosak annak biztosításában, hogy a tanulóknál tudatosuljon, mi az, amit tudnak és értenek, és mit kell még tanulniuk.

Jelentősegteljes tapasztalatok biztosítása. A tanulók gyakran nem látnak okot arra, hogy megváltoztassák meggyőződéseiket és feltételezéseiket, hiszen azok megfelelő magyarázattal szolgálnak mindennapi tapasztalataikra, a hétköznapi világban megfelelően működnek, és évek hosszú során át még igazolódni is látszanak. Azért, hogy rábírjuk a tanulókat arra, hogy jelentős erőfeszítést tegyenek a természettudományos műveltség megszerzésére, és vizsgálják felül a fizikai jelenségekkel kapcsolatos kezdeti magyarázataikat, további, jelentősegteljes tapasztalatokhoz kell hozzásegítenünk őket (szisztematikus megfigyelések formájában vagy általuk végzett kísérletek révén), amelyek bebizonyítják számukra, hogy az általuk konstruált magyarázatok felülvizsgálatra szorulnak. Ha azt akarjuk, hogy ezek a tapasztalatok hasznosak legyenek az elméletmódosítás folyamatában, nagy körültekintéssel kell eljárunk, hogy a végül kiválasztottak elméletileg relevánsak legyenek. Elméleti relevancián azt értjük, hogy a tanulók reprezentációit korlátok közé szorító és a természettudományos információ értelmezését befolyásoló feltételezéseket és meggyőződéseket célozzák meg. Például az erő fogalmának tanulói megértését korlátozó, alapvető (ám az oktatás során általában elhanyagolt) feltételezés az, hogy „az erő a dolgok (belső vagy szerzett) tulajdonsága”. A csillagászat területén pedig azok a feltételezések állnak útjában a Föld gömb alakjának megértésének, hogy „a tér felfelé/lefelé irányban szerveződik” és „az alátámasztás nélküli dolgok leesnek”. Ha ezek a feltételezések nem kerülnek felszínre, nem kerülnek megvitatásra, továbbra is befolyásolni fogják a tanulók gondolkodását. (10)

A fogalmi váltás kutatásának jövője: a természettudományos nevelés és a fejlődési megközelítések szintézise felé

A kognitív/fejlődési kutatás a tanulók tudásának gazdag leírását adta a különböző életkorokban, amely segít bennünket abban, hogy jobb hipotéziseket fogalmazzunk meg az ismeretszerzés folyamatával kapcsolatban. Mindamellett a kognitív fejlődépszichológusok többnyire inkább az egyének kognitív teljesítményének leírására koncentrálnak a különböző életkorokban, illetve a szakértelem különböző szintjein, mintsem azokra a mechanizmusokra, amelyek megmagyarázzák, hogyan jön létre a kognitív teljesítmény és a kognitív váltás. Továbbá elsősorban azokat a kognitív, mentális folyamatokat szeretnék megérteni, amelyek a fejünkben feltehetően lezajlanak az intellektuális tevékenység folyamán. Ezek a kutatások nem szolgálnak információkkal a külső, környezeti változókról, amelyek manipulálásával elősegíthető a kognitív tevékenység és a fogalmi váltás. Ugyanakkor éppen e változók ismerete szükséges ahhoz, hogy az oktatási kutatás és a gyakorlat számára irányt tudjunk mutatni.

A fogalmi váltás kutatásának jövőjét tekintve így világossá válik, hogy a kognitív fejlődési és a természettudományos neveléssel kapcsolatos kutatásokat összekötő hídra van szükség. Olyan hídra, amelyet csak egy tanulásemélet tud megteremteni, meghatározva azokat a mechanizmusokat, amelyek az egyént a kognitív teljesítmény egy adott szintjéről el tudják juttatni a következőre, és megmutatják azt is, ezek a mechanizmusok hogyan kapcsolódnak a külső, környezeti faktorokhoz. Ez valójában pontosan az, amely az utóbbi néhány évben elkezdődött a fogalmi váltás kutatásában, igazán izgalmas változás, rendkívül ígéretes a pedagógiai kutatás számára.

Az utóbbi években az oktatási kísérletek és beavatkozások eredményei világosan mutatják, hogy a fogalmak a kultúra gazdag helyzeti kontextusaiba, eszközeibe, termékeibe és a kognitív tevékenység során használt szimbolikus rendszerek természetébe ágyazottak. A fogalmi váltást elindíthatják, elősegíthetik és megerősíthetik a szociális és a kulturális folyamatok, és ténylegesen a legtöbbször valóban ez történik. Ahogyan a fogalmi váltás kutatása előrehalad, nem csupán a különböző korú és különböző szakértelemmel rendelkező egyének teljesítményének leírásában, hanem azon mechanizmusok megismerésében is, amelyek e változásokat okozzák, a szituációs kontextus és a kultúra szerepe egyre növekvő fontosságra tesz szert. A fogalmi váltás elősegítésének módjára irányuló jövőbeli ku-

tatásoknak mindenképpen e folyamatok megértésére és részletesebb leírására kell irányulniuk. Ennek megvalósításában figyelmet kell fordítanunk olyan mozzanatokra is, amelyek a jövőben téves irányokba vihetik a fogalmi váltás kutatását. A tanulmány további részét e kérdések tárgyalásának szenteljük.

A radikális szituativitás elmélete és a mentális reprezentációk megszüntetése

A helyzeti és kulturális változók fokozottabb figyelembevétele nem szükségszerűen jelenti a mentális reprezentációk szintjének feladását és diskurzus-analízissel történő helyettesítést, mint ahogyan néhány radikális szituacionista javasolja (például Saljő, megjelenés előtt). A mentális reprezentáció konstrukciójával kapcsolatos zavart meg lehetett érteni a behaviorista korszak idején, amikor a pszichológusoknak nem voltak megfelelő módszereik a belső kognitív folyamatok tanulmányozására, de ma már ez nem indokolt.

Gardner (1985) érvelése szerint a kognitív pszichológia egyik legjelentősebb eredménye az, hogy világosan demonstrálta a mentális reprezentációk elemzési szint bevezetésének eredményességét. A nyelvészeti és antropológiai megalapozottságú diskurzus-analízis, amelyet számos, a szituativitás elmélettel rokonszenvező pszichológus ajánl, nem képes kielégítő magyarázatot adni a kognitív/fejlődési és a természettudományi neveléshez kötődő kutatásoknak a természettudományok tanulási folyamatára vonatkozó, meg lehetőséget mutató eredményeire. A nyelvészek és antropológusok saját maguk találták szükségesnek elméleteikben bevezetni a kulturális modellek fogalmát, hogy értelmezhesék adataikat. (11) *Quinn* és *Holland* (1987) szerint „Konvergencia mutatkozik az antropológusok és a nyelvészek között a kulturális modellek jelentőségét illetően, és a korábbi, szemantikai analízisen alapuló kutatásról váltás érzékelhető a kulturális modellek irányába”. E modellek helytállóságát különböző jellegű adatok és természetes diskurzusok analízisével vizsgálják.

A fogalmi váltás elmélete nem maradhat meg az egyszerű diskurzus-leírás szintjén. Magyarázatokat kell adnia a viselkedésre; olyan magyarázatokat, amelyek a kognitív tevékenység során feltételezett belső reprezentációkat, folyamatokat összekötik az azokat befolyásoló külső, helyzeti változókkal. Különös figyelmet kell fordítani annak megértésére, hogy a külső szimbolikus rendszerek, kultúrák termékei hogyan válnak belsővé, és hogyan befolyásolják saját gondolkodási folyamatainkat. A fogalmi váltás nagymértékben az internalizációnak, illetve a szimbolikus kifejezések komplex rendszereinek különböző szimbolikus médiában történő használatának tulajdonítható (*Glaser* és *mtsai*, 1996; *Vigotszkij*, 1978). (12)

Fogalmi váltás – fogalmi gazdagodás

A fogalmi váltás kifejezés arra utal, hogy a fogalmi fejlődés nemcsak a meglévő struktúrák gazdagodását foglalja magában, de azok alapvető átszervezését és átrendezését is (lásd *Carey*, 1985; *Vosniadou* és *Brewer*, 1987). Manapság néhány kutató kétségbe vonja az átszervezés fogalmát, különösen annak következtében, hogy úgy tűnik, a fogalmi váltás inkább lassú és fokozatos folyamat, mintsem hirtelen elméletváltás.

Igaz, hogy elméleti megközelítésében a klasszikus fogalmi váltás feltételezte, hogy a fogalmi váltás magában foglal egy hirtelen váltást, és éppen ezen implikáció következtében nyer értelmet a kognitív konfliktus mint oktatási stratégia. Ezt a feltételezést azonban empirikus bizonyítékok eddig még nem támasztották alá. Ha el akarjuk magyarázni a fogalmi váltás fokozatos folyamatát, fontos megkülönböztetnünk a fogalmi váltás folyamatát és a fogalmi váltás végeredményét.

Az átszervezés fogalma világos akkor, ha mondjuk egy kisgyerek és egy szakértő tudós fogalmi rendszerét összehasonlítjuk a fizika vagy a biológia területén. A szakértő fizikusok, függetlenül a kontextuális, a feladat és a helyzeti változók hatásától, a fizika más el-

mélete alapján dolgoznak, mint az általános iskolás tanulók. (13) A szakértővé válás folyamata azonban nem hirtelen és radikális elméletváltás, hanem a meglévő ismeretstruktúrák fokozatos és lassú átszervezése. Tanulmányunkban ennek a folyamatnak néhány aspektusát próbáltuk leírni. A jövőbeli kutatásoknak tovább kell foglalkozniuk azzal a problémával, hogy a fogalmi szerveződésben milyen kicsi és fokozatos változások tudnak hosszú távon radikális átszerveződéseket létrehozni, valamint azzal, hogy mindezeknek milyen következményei vannak az oktatásra nézve.

Mindemellett ne feledkezzünk meg arról a tényről, hogy az életkor és a szakértelem növekedésével nemcsak egy átszervezett rendszerünk van korábban elérhetetlen reprezentációkkal, hanem egyben rugalmasabb rendszerünk is, amely könnyebbé teszi a különböző perspektívák és nézőpontok megragadását. A fogalmi váltás kutatásának korlátai közül az egyik az, hogy eleddig kevés figyelmet fordított a kognitív flexibilitás és a metafogalmi tudatosság fejlődésére. Kétségtelen, hogy a felnőttek, különösen a természettudományosan műveltek természettudományi fogalmainak szerveződése eltér az általános iskolásokétól, ugyanakkor viszont az előbbieket fogalmi szerveződése rugalmasabb is, amely lehetővé teszi számukra különböző nézőpontok kezelését.

Véleményünk szerint a kognitív flexibilitás fontos meghatározója a metafogalmi tudatosság fejlődése. Nehéz megérteni más nézőpontokat, ha valaki még nem ismerte fel, hogy mi a saját nézőpontja. Ahogyan már egy korábbi munkában (Vosniadou, 1994) kifejtettük, a gyerekek gondolkodását korlátozó tényezők közül az egyik a metafogalmi tudatosság hiánya. A fogalmi váltás folyamatában elengedhetetlen lépés az, amikor valaki jobban tudatára ébred meggyőződéseinek, feltételezéseinek és annak a ténynek, hogy ezek a fizikai valóság olyan interpretációi, amelyek hipotetikusak és amelyek alávethetők empirikus tesztelésnek.

Záró megjegyzések

Bemutattuk, hogy a fogalmi váltás kutatása elméleti fogódzkodót nyújthat a természettudományi fogalmak tanulásához, és felhasználható iránymutatóként az oktatási beavatkozások kijelölésére is. A kognitív/fejlődési kutatás szintén gazdag leírását adta az ismeretszerzési folyamat során bekövetkező fogalmi váltás fajtáinak, valamint magyarázatokkal szolgált a szintetikus modellek vagy tévképzetek létrejöttére. További fejlődés várható a két kutatási típus áthidalásával. Jobban meg kell értenünk a külső, környezeti változókat, amelyek a belső fogalmi változásokkal kapcsolatosak, valamint azokat az eszközöket, termékeket, szimbolikus nyelveket, amelyek szociális és kulturális folyamatokon keresztül fejlődtek ki. Ez jobb tantervek, oktatási beavatkozások és sikeresebb tanulási környezetek kifejlesztését fogja eredményezni.

Jegyzet

(1) A fogalmi fejlődés tanulmányozásában alkalmazott terület-specifikus megközelítések nincsenek szükségszerűen ellentmondásban azzal a felvetéssel, hogy léteznek olyan „globális” változások a gyerekek reprezentációs és gondolkodási kapacitásában, mint amilyeneket Piaget leírt.

(2) A hasonlóságok ellenére az ismeretszerzésnek különböző elméleti megközelítései léteznek a terület-specifikus táboron belül. Legfeltűnőbb a különbség a „a gyerek olyan, mint a felnőtt” metaforán alapuló, veleszületettség, moduláris elméletek, illetve azok között, amelyek szerint az ismeretszerzés folyamata során jelentős átrendeződések történnek. Az utóbbi álláspontot gyakran „elmélet elmélet” nézetként említik (e különbségek elemzését lásd Wellman és Gelman (megjelenés előtt)).

(3) Ezek a kritikák a tanulás empirista magyarázatainak általános kudarcával kapcsolatosak (például Chomsky, 1980; Quine, 1951).

(4) Lásd továbbá Karmiloff-Smith (1992) munkáját, aki egy érdekes javaslattal áll elő: a fogalmi fejlődés magában foglalja a fokozatos modularizáció folyamatát.

(5) Keretelméleten egy oksági magyarázó keretet értünk, amely a jelenségek szervezésére szolgál. Nem állítjuk azt, hogy e konstrukció olyan státusszal bírna, mint egy tudományos elmélet. A keretelmélet egy tudományos elmélettől főként abban különbözik, hogy az előbbi nem érhető el tudatosan és hipotézisek vizsgálatával.

- (6) Véleményünk szerint ezek az elméleti konstrukciók azért szükségesek, hogy magyarázatot adjanak bizonyos elfogadott kutatási eredményekre az ismeretszerzés folyamatával kapcsolatban. Az empirikus eredmények és a magyarázó keretek részletesebb bemutatása megtalálható korábbi munkáinkban.
- (7) A feltevések és a meggyőződések közötti legfőbb különbség az, hogy az előbbiekről feltételezzük, hogy veszületett meghatározottságuk kisebb mértékű, ezért könnyebben változnak, mint az utóbbiak. Ez az elméleti megkülönböztetés magyarázatot ad azokra az ismeretszerzéssel foglalkozó kutatásban gyakran ismétlődő empirikus eredményekre, amelyek azt mutatják, hogy a tanulás bizonyos formái kevésbé nehezebbek, mint a többi.
- (8) Megkülönböztethetünk típust/jelzést (token) abból a célból, hogy elkülönítsük egymástól a mentális modellek általános típusait (amelyeket általánosnak is nevezünk korábban) és a situáció-specifikus megjelenéseiket (jelzés/token).
- (9) Bár nem szükségszerűen összeegyeztethetetlen azzal a kerettel.
- (10) Ez elvezet bennünket egy másik, a természettudományok tanulásának kulturális támogatásához kötődő kérdéshez. Habár a tudományos magyarázatoknak megvan a kulturális támogatottságuk, még nem szűrődtek át a mindennapi kultúrába. Akármilyen is az iskolában történő tudományos ismeretszerzés, annak nincs támogatottsága az iskolán kívül, kivéve azokat az eseteket, ha a gyerekeknek természettudományosan művelt szülei vannak, akik ellátják őket könyvekkel, elviszik őket botanikus kertbe, vadasparkba, múzeumokba és beszélgetnek velük természettudományról. Fontos dolog, hogy a természettudomány a televízió programok, népszerűsítő könyvek, a gyerekek számára nyílt természettudományi múzeumok stb. révén a jelenleginél jobban része legyen a mindennapi életnek.
- (11) Roy G. d'Andrade (1994) a következőképpen definiálta a kulturális modellt: „egy kognitív séma, amelyet egy társadalmi csoport minden tagja bír. Mivel a kulturális modellek minden tag által birtokoltak, az ezekre épülő, a világra vonatkozó interpretációkat a világ megnyilvánuló tényeként tapasztalják meg.” (810. old.)
- (12) Ezt a rendszert könnyen ki lehetne terjeszteni úgy, hogy magába foglalja a motivációs meggyőződéseket; az énnel, a célokkal kapcsolatos meggyőződéseket és más változókat, amelyeket be kell hozni a képbe, amint távolodunk a „hideg” kognitívól.
- (13) A fogalmi váltás nem szükségszerűen jelenti azt, hogy a szakértők elveszítik kezdeti fogalmaikat, amelyeket a gyerekek használnak, bár néhány esetben valóban ez történhet. Ez egy empirikus kérdés, amit a további kutatás tud megválaszolni. Néhány kutató helytelenül feltételezi azt, hogy a fogalmi váltás a korábbi rendszer elvesztését jelenti.

Irodalom

- ANDRADE, R. G.: *Cultural cognition*. In: M. POSNER (szerk.) *Foundations of cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press, 1989, 795–830. old.
- ARCHODIDOU, A.–JACOBSON, M. J.: *Conceptual change in the domain of the neo-Darwinian theory of evolution*. Konferencia poszter, Seventh European Conference for Research on Learning and Instruction, Athén, Görögország.
- CAREY, S.: *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.
- CHI, M. T. H.–FELTOVITCH, P. J.–GLASER, R.: *Categorization and representation of physics problems by experts and novices*. *Cognitive Science*, 1981. 5. 121–152.
- CHOMSKY, N.: *Rules and representations*. New York, Columbia University Press, 1980.
- CLEMENT, J.: *Student's preconceptions on introductory mechanics*. *American Journal of Physics*, 1982. 50. 66–71. old.
- DISSA, A. A.: *Toward an epistemology of physics*. *Cognition and Instruction*, 1993. 10. 105–225. old.
- DRIVER, R.–EASLEY, J.: *Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students*. *Studies in Science Education*, 1978. 5. 61–84. old.
- GARDNER, H.: *The mind's new science*. New York: Basic Books, 1985.
- GELMAN, R.: *Epigenetic foundation of knowledge structure: Initial and transcendent constructions*. In: S. CAREY–R. GELMAN (szerk.) *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1991.
- GENTNER, D.–STEVENS, A. L. (szerk.) *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- GLASER, R.–FERGUSON, E.–VOSNIADOU, S.: *Introduction: Cognition and the design of environments for learning*. In: S. VOSNIADOU, E. DECORTE, R. GLASER–H. MANDLE (szerk.) *International perspectives on the design of technology – supported learning environments*. Hillsdale: Erlbaum, 1996.
- HIRSCHFELD, L. A.–GELMAN, S.: *Toward a topography of the mind*. In: L. A. HIRSCHFELD–S. GELMAN (szerk.) *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. New York: Cambridge University Press, 3–36. old.
- IOANNIDES, C.–VOSNIADOU, S.: *Mental models of force*. Konferencia poszter, Fifth European Conference for Research on Learning and Instruction. Aix-En-Provence, Franciaország, 1993
- IOANNIDES, C.–VOSNIADOU, S. (közlésre benyújtva): *Aspects of the development of the concept of force*. *Cognition*.
- IOANNIDOU, I.–VOSNIADOU, S.: *A developmental study of the structure and composition of the earth's interior and of earthquakes*. Konferencia poszter, Seventh European Conference for Research on Learning and Instruction, Athén, Görögország, 1997.
- JOHNSON-LAIRD, P. N.: *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

- KARMILOFF-SMITH, A.: *Beyond modularity*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- KEIL, F. C.: *Constraints on constraints: surveying the epigenetic landscape*. *Cognitive Science*, 1990. 14. 135–169.
- KUHN, T.: *The structure of scientific revolutions*. (második kiadás), Chicago: Chicago University Press, 1970.
- KUHN, T.: *The essential tension*. Chicago: Chicago University Press, 1977.
- KYRKOS, C.–VOSNIADOU, S.: *Mental models of plant nutrition: a study of conceptual change in childhood*. Konferencia poszter, Seventh European Conference for Research on Learning and Instruction, Athén, Görögország, 1997.
- LAKATOS, I.: *Falsification and the methodology of scientific research programs*. In: I. LAKATOS–A. MUSGRAVE (szerk.) *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970, 91–196. old.
- LARKIN, J. H.: *The role of problem representation of physics*. In: D. GENTNER–A. L. STEVENS (szerk.) *Mental models*. Hillsdale: Erlbaum, 1983. 75–98. old.
- MEDIN, D.–ORTONY, A.: *What is psychological essentialism?* In: S. VOSNIADOU–A. ORTONY (szerk.) *Similarity and analogical reasoning*. New York: Cambridge University Press, 1989.
- MURPHY, L. G.–MEDIN, D. L.: *The role of theories in conceptual coherence*. *Psychological Review*, 1985. 92. 289–316. old.
- NERSESSIAN, N. J.–RESNICK, L. B.: *Comparing historical and intuitive explanations of motion: does 'naive physics' have a structure?* Proceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1989 412–417. old.
- NOVAK, J. D.: *Epicycles and the homocentric earth: or what is wrong with stages of cognitive development*. *Science Education*, 1977a. 61. 393–395. old.
- NOVAK, J. D.: *An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education*. *Science Education*, 1977b. 61. 453–477. old.
- NOVAK, J. D.: *Proceedings of the second international seminar: misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Cornell University, Ithaca, NY., 1977c
- POSNER, G. J.–STRIKE, K. A.–HEWSON, P. W.–GERTZOG, W. A.: *Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change*. *Science Education*, 1982. 66. 221–227. old.
- QUINE, W. V. O.: *Two dogmas of empiricism*. *Philosophical Review*, 1951. 60. 20–43. old.
- QUINN, N.–HOLLAND, D.: *Introduction*. In: D. HOLLAND–N. QUINN (szerk.) *Cultural Models in Language and Thought*. New York: Cambridge University Press, 1987, 3–40. old.
- RIPS, L. J.: *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press, 1989.
- SALJÓ, R. (megjelenés előtt): *Concepts, cognition and discourse: from mental structures to discursive tools*. In: W. SCHNOTZ, S. VOSNIADOU–M. CARRETERO (szerk.) *New perspectives on conceptual change*. Elsevier.
- SPELKE, S. E.: *Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory*. In: S. CAREY,–R. GELMAN (szerk.) *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1991.
- VIENNOT, L.: *Spontaneous reasoning in elementary dynamics*. *European Journal of Science Education*, 1. 1979, 205–221. old.
- VIGOTSKIJ, L. S.: *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- VOSNIADOU, S.: *Capturing and modeling the process of conceptual change*. *Learning and Instruction*, 1994. 4, 45–69. old.
- VOSNIADOU, S.–BREWER, W. F.: *Theories of knowledge restructuring in development*. *Review of Educational Research*, 1992a. 57. 51–67. old.
- VOSNIADOU, S.–BREWER, W. F.: *Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood*. *Cognitive Psychology*, 1992b. 24. 535–585. old.
- VOSNIADOU, S.–BREWER, W. F.: *Mental models of the day/night cycle*. *Cognitive Science*, 1994. 18. 123–183. old.
- VOSNIADOU, S.–ORTONY, A.: *Similarity and analogical reasoning*. New York: Cambridge University Press, 1989.
- VOSNIADOU, S.–KAYSER, D.–CHAMPESME, M.–IOANNIDES, C.–DIMITRAKOPOULOU, A. (megjelenés előtt): *Modeling elementary school students' solution of mechanics problems*. In: S. VOSNIADOU, A. TIBERGHIEN, D. KAYSER (szerk.) *Representational change in humans and machines: Case studies in physical reasoning*. Elsevier.
- WELLMAN, H. M.–GELMAN, S. A.: *Cognitive development: foundational theories of core domains*. *Annual Review of Psychology*, 1992. 43. 337–375. old.