

TANULÁS, MEGISMERÉS ÉS A FOGALMI VÁLTÁS PROBLEMATIKÁJA

Stella Vosniadou

Filozófia és Tudománytörténeti Tanszék, Nemzeti és Kapodistriai Egyetem, Athén

Jelen tanulmányban kísérletet teszünk arra, hogy a természettudományok tanulását a kognitív/fejlődéseméleti kutatásokból fokozatosan kifejlődött megközelítés, a fogalmi váltás elmélete alapján értelmezzük. Fel kívánjuk hívni a figyelmet ezen elmélet és a természettudományos nevelők nagy része által képviselt naiv empirizmus, illetve a *Piaget*-i értelmezés közötti eltérésekre. Érveket hozunk fel annak bizonyítására, hogy a fogalmi váltás elmélete a természettudományos fogalmak elsajátítása terén megfigyelt jelenségeknek a többi megközelítési módnál kielégítőbb magyarázatát adja. Tanulmányunk végén pedig azt vizsgáljuk meg, hogy ennek az elméletnek milyen implikációi vannak a természettudományos nevelésre vonatkozóan.

Miben áll a fogalmi váltás elmélete?

A természettudományos nevelők körében sokan a természettudományok tanulási folyamatának empirista magyarázatát fogadják el. Ezen értelmezés szerint tanulás iránti prediszpozíció csak kis mértékben vagy egyáltalán nem létezik. A tudásszerzés a tapasztalaton alapszik, és folyamatosan halad előre a már meglévő fogalmi struktúrák gazdagodásán keresztül. A természettudományok tanulása tapasztalatszerzési folyamat, ami először konkrét fogalmak kialakulásához vezet, amelyek a későbbiekben absztraktabbá és tágabban alkalmazhatóvá válnak. E szerint az elmélet szerint a természettudományos nevelés feladata az, hogy minél több tapasztalatot nyújtson, illetve lehetőséget arra, hogy a diákok megértsék a természettudományok művelésének folyamatát.

Piaget (1970) a természettudományos fogalmak kialakulását ettől eltérő módon értelmezte. Ő is nagy hangsúlyt fektetett a tapasztalatra, de ugyanakkor azt állította, hogy az elvontabb fogalmi struktúrák kialakításához szükség van a tanuló konstruktív tevékenységére is. Az intellektust strukturális szempontból ragadta meg egy matematikai modell segítségével. A modell szerint az intellektuális fejlődés folyamata különböző szakaszokon keresztül történik, amelyek mindegyikét más és más pszichikai struktúra jellemzi. Csecsemőkorban az intellektuális struktúrák a szenzomotoros séma formájában jelennek meg. Kisgyermekkorban ezek a struktúrák már a reprezentáció szintjére emelkednek, majd a továbbiakban konkrét műveleti struktúrákká fejlődnek. Az intellektuális fejlődés

utolsó szakaszát, a formális műveleti gondolkodást a logikus érvelésre, a hipotézisek mérlegelésére és szisztematikus elbírálására stb. való képesség jellemzi.

A *Piaget* által leírt kognitív fejlődési folyamatot „globális újrastrukturálódásnak” nevezik (*Carey*, 1985), és nem explicit tanulásnak, hanem egy természetes, spontán intellektuális fejlődési folyamat eredményének tartják. E megközelítési mód implikációja a tanításra nézve az, hogy ösztönözni kell a tanulók konstruktív képességeit, és olyan tapasztalatokat kell számukra biztosítani, amelyek a különböző szakaszokban más-más értelmezést nyerhetnek, de amelyek természettudományos tanulási folyamattá és megértésé alakulnak át, mire a diákok elérik a serdülőkort.

Az itt kifejtett fogalmi váltás elmélete lényegesen különbözik mind az empirista, mind a *Piaget*-i megközelítési módoktól. A tudáselsajátítást konkrét tananyagok esetében vizsgálja, és a természettudományos fogalmak tanulását úgy írja le, mint a már meglévő tudásstruktúrák jelentős újrendezését, és nem mint azok pusztá gazdagítását.¹

Az a feltevés, hogy a természettudományok tanulása „fogalmi váltással” jár, olyan természettudományos nevelők munkásságához nyúlik vissza, mint *Novak* (1977), *Driver* és *Easley* (1978), illetve *Viennot* (1979). Ők elsők között ismerték fel, hogy a diákok a természettudományos tanulás feladatához alternatív fogalmi keretekkel (*alternative frameworks*), prekoncepciókkal illetve tévképzetekkel (*misconceptions*) érkeznek, melyek makacsul tartják magukat és a tanítás során csak nehezen iktathatók ki. *Posner*, *Strike*, *Hewson* és *Gertzog* (1982) analógiát állított fel a *Piaget*-féle asszimiláció és akkomodáció fogalom, illetve a tudományfilozófusok, például *Kuhn* (1970) által felvetett fogalmak, a normál tudomány és a tudományos forradalom között, majd ebből az analógiából pedagógiai elméletet fejlesztettek ki azzal a céllal, hogy a diákok természettudományos tanulási folyamatában az akkomodációnak nagyobb teret adhassanak. *Posner* és *Mtsai* (1982) elmélete hosszú évekre a természettudományos oktatás kutatásának és gyakorlatának meghatározó paradigmájává vált, de egyidejűleg számos kritikai észrevételt is kiváltott, amelyekre ez ideig még nem érkezett megnyugtató válasz (például *Caravita*, 1994).

Véleményem szerint a *Posner* és *Mtsai* (1982) által felvetett kérdésekre nem kaphatunk kielégítő választ, amíg nem lesz alaposabb tudásunk arról, *hogyan* tanulják a diákok a természettudományos tárgyakat. Az itt tárgyalt fogalmi váltás elmélete kognitív/fejlődéslélektani kutatásokra épül és kísérletet tesz arra, hogy leírja a természettudományok tanulási folyamatát, valamint a megtanulást előidéző mechanizmusokat. Az elmélet oktatási vonatkozásait a későbbiekben ismertetjük. Főbb állításaink a következők: *Az emberi elme az evolúció során speciális mechanizmusokat fejlesztett ki a fizikai és társadalmi környezet információinak befogadására*, ami nagyon gyors és hatékony, már rögtön a születés után beinduló tanulási folyamatot eredményez. Vannak dolgok, amelyeket nagyon könnyen megtanulunk, és nem feltétlenül azért, mert kisebb komplexitásúak, hanem azért, mert az evolúció már felkészítette az emberi lényeket ezek befogadására. Ez különösen érvényes a nyelvi és a fizikai tudás esetében. A naiv fizika olyan, a fizi-

¹ Az ilyen fajta tudásátrendezést a szakirodalomban szokásos „terüleetspecifikus újrendezésnek” is nevezni szemben a *Piaget*-i „globális újrendezéssel” (*Carey*, 1985).

kai világra irányuló tudás, amely már kora csecsemőkorban elkezd kialakulni, és lehetővé teszi, hogy a gyerekek a fizikai környezetben tájékozódni tudjanak.

Az életünk korai szakaszában elsajátított tudás, amely nem képezi sem tudatos reflexió, sem hipotézis-vizsgálat tárgyát, gyakran akadályként gördül a természettudományok elsajátításának útjába. Ez azért történik így, mert a fizikai jelenségek tudományos magyarázata gyakran ellentmondásban van a naiv fizika alapelveivel, mely utóbbiakat hétköznapi tapasztalataink is lépten-nyomon megerősítenek. Hiszen ha meggondoljuk, a jelenleg érvényes tudományos magyarázatok a tudományos fejlődés hosszú történelmi folyamatának produktumai – e folyamatot a tudományos elméletek forradalmi változásai jellemzik, amelyek a fizikai világunkról alkotott képünket is újrarendezték.

A tudományos (és nem csak a tudományos) fogalmak tanulásában számos esetben fogalmi váltásra van szükség, hiszen a naiv fizika kezdetleges magyarázatai a fizikai jelenségekre nem pusztán összefüggéstelen, szórványos megfigyelések, hanem koherens rendszert alkotnak. Korábbi munkámban (Vosniadou, 1994b) azt állítottam a naiv fizikáról, hogy keretelmélet (*framework theory*) módjára szerveződik, és így megnehezíti a fizikai világra vonatkozó további tapasztalatok szerzését, illetve tévképzetek kialakulásához vezethet. Az elmélet szó itt egy összefüggő értelmező struktúrát jelöl, nem pedig explicit, matematikai nyelven megfogalmazott, társadalmilag elfogadott teóriát. Számos úgynevezett tévképzet felfogható az egyén által kialakított szintetikus modellként, amely akkor keletkezik, amikor az egyén az új információkat asszimilálni igyekszik a már meglévő keretelméletbe. A keretelmélet megváltoztatása azért ütközik akadályokba, mert koherens értelmezési rendszert alkot, a hétköznapi tapasztalatokra épül és hosszú évek során szerzett bizonyosság rögzíti.

Milyen jelenségek megmagyarázására alkalmas a fogalmi váltás elmélete?

Jelentős mennyiségű információ áll már rendelkezésünkre arra vonatkozóan, hogyan tanulják a diákok a természettudományokat. Az itt felsorolt három következtetéssel kapcsolatban széles körű egyetértés mutatkozik a kutatók között:

1) *A természettudományok tanulása nehéz.* A diákoknak még sok évvel a természettudományos képzés megkezdése után is nehézségeik vannak a természettudományos fogalmak megértésével. Ez azokra a diákokra is igaz, akik jóval átlag feletti teszteredményeket érnek el, illetve átlagon felüli tanári értékelést kapnak.

2) *A természettudományok tanulását tévképzetek kialakulása kíséri.* A tévképzetek jelenléte minden természettudományos tantárgy esetében kimutatható. A szakirodalom több száz tévképzetet tart számon, amelyek több tucat kötetet megtöltenének. Az általam vezetett tudományos műhelyben végzett kísérletek számos olyan elképzelésre derítettek fényt, amelyek általános iskolás gyermekekben alakultak ki a Föld formájáról és az éjszakák-nappalok váltakozásáról (Vosniadou és Brewer, 1992; 1994), és amelyek tévképzeteknek minősülnek. Az 1. ábra egy amerikai vizsgálat alapján ábrázolja az általános iskolás gyermekekben a Föld formájára vonatkozó mentális képzetek sorát. Vannak gyere-

kek, akik azt hiszik, hogy a Föld egy lapos téglalap vagy egy korong, amely alulról meg van támasztva, felülről pedig az ég határolja. Más gyerekek azt gondolják, hogy a Föld egy üreges gömb, és az emberek ennek a gömbnek a mélyén, egy lapos felületen élnek. Megint más gyerekek a kettős Föld dualista elképzelését alakították ki magukban, amely szerint két Föld van: a lapos, amelyen az emberek élnek és a gömb alakú, az, amelyik fenn van az égen. Ezek az elképzelések a Földről egyáltalán nem ritkák. Olyannyira nem, hogy a kutatásban részt vett 60 (többnyire ötödikes) gyerek közül mindössze 23-ban alakult ki a gömbölyű Föld kulturálisan elfogadott képzete. Ezt az eredményt megerősíti több kultúráközi kutatás, amelyekben a Földről kialakult képzeteket indiai, görög és Szamoa-szigeteki gyerekek körében vizsgáltuk (Vosniadou, 1994a).

3) *A természettudományos tudás tehetetlen.* A „tehetetlen tudás” (*inert knowledge*) fogalmát Bereiter (1984), valamint Bransford és Mtsai (1989) használták annak leírására, amikor valaki ugyan tud valamit, de nem képes azt a megfelelő helyzetben használni. A tehetetlen, elmerevült tudás csak korlátozott számú helyzetben válik hozzáférhetővé, noha potenciálisan sokkal több esetben is alkalmazható lenne. A természettudományos tudás gyakran tehetetlen abban az értelemben, hogy a diákok ugyan megtanulják, hogyan kell az iskolai természettudományos problémákat megoldani, de az iskolán kívül nem tudják ezt a tudást fizikai jelenségek magyarázatára alkalmazni (diSessa, 1982).

A kutatók nagy része egyetért a természettudományok tanulásának fenti leírásával. Ennek ellenére a tanulási nehézségeket eltérő módon interpretálják. Vannak kutatók, akik szerint a természettudományok tanulása azért nehéz, mert a diákoknak kevés tapasztalatuk van, és/vagy nem tudják, hogyan értelmezzék a rendelkezésükre álló kevés tapasztalatot. Ők azt állítják, hogy a gyermekek nem tudják, hogyan kell a hipotéziseket ellenőrizni, elfogadják azokat a magyarázatokat, amelyeket a rendelkezésükre álló bizonyítékok alapján el kellene utasítaniuk, magyarázataikat az érzékelésükre alapozzák és nem a dolgok belső logikájára, vagy éppen nem is érzik szükségét annak, hogy megmagyarázzák, a dolgok miért éppen úgy történnek, ahogy.

Más kutatók úgy gondolják, hogy a természettudományos tanulmányaikat megkezdők gondolkodása a fizikai valóság felszínes értelmezésére épül, amely alkalmas lehet bizonyos szituációk megmagyarázására, de nem alkot koherens, összefüggő elméletet. Ezen nézet szerint a tanulás nem más, mint az a folyamat, amelynek során a „fragmentált tudás” átszerveződik komplexebb és szisztematikusabb, fizikai törvények és alapelvek köré szerveződő tudásstruktúrákká (diSessa, 1993).

Úgy vélem, sok igazság van a fenti magyarázatokban. Kétségtelen, hogy a diákok a jellegüknek fogva korlátozott hétköznapi tapasztalataikra alapozzák elképzeléseiket, hogy megbízhatóbb eljárásokat kellene kifejlesztetniük hipotéziseik érvényességének ellenőrzésére és elbírálására, és hogy a szakemberek gondolkodásmódja az övékéknél sokkal koherensebb és szisztematikusabb, szorosabban kapcsolódik a fizikai törvényekhez és alapelvekhez. Másrészt viszont a gyermekek gondolkodásmódja nem annyira korlátozott, mint azt a fenti érvelés sugallja. Vosniadou és Brewer (1994) azt találta, hogy a 60 vizsgált általános iskolás gyerek közül 38-nak jól meghatározott elképzelése volt a nappalok és éjszakák váltakozásáról. Ezek a magyarázatok empirikusan pontosak voltak, abban az értelemben, hogy nem mondtak ellent a témakörhöz kapcsolódó empirikus bizonyítékoknak. Amellett, hogy a diákok érzékenységet mutattak az empirikus pontosság iránt, ma-

gyarázataikban a logikai következetesség és az egyszerű fogalmazás elvét is szem előtt tartották.

A tapasztalás és a logikai gondolkodás korlátai önmagukban nem adnak teljes magyarázatot a tévképzetek és a tehetetlen tudás jelenségeire, amelyeket nem csak általános iskolában, hanem közép- és főiskolások esetében is megfigyelhetünk. Ahhoz, hogy magyarázattal tudjunk szolgálni a fenti jelenségre, olyan elméletre van szükségünk, amely a tanulást nem csak mint a meglévő tudás gazdagításának folyamatát, hanem mint fogalmi váltást írja le.

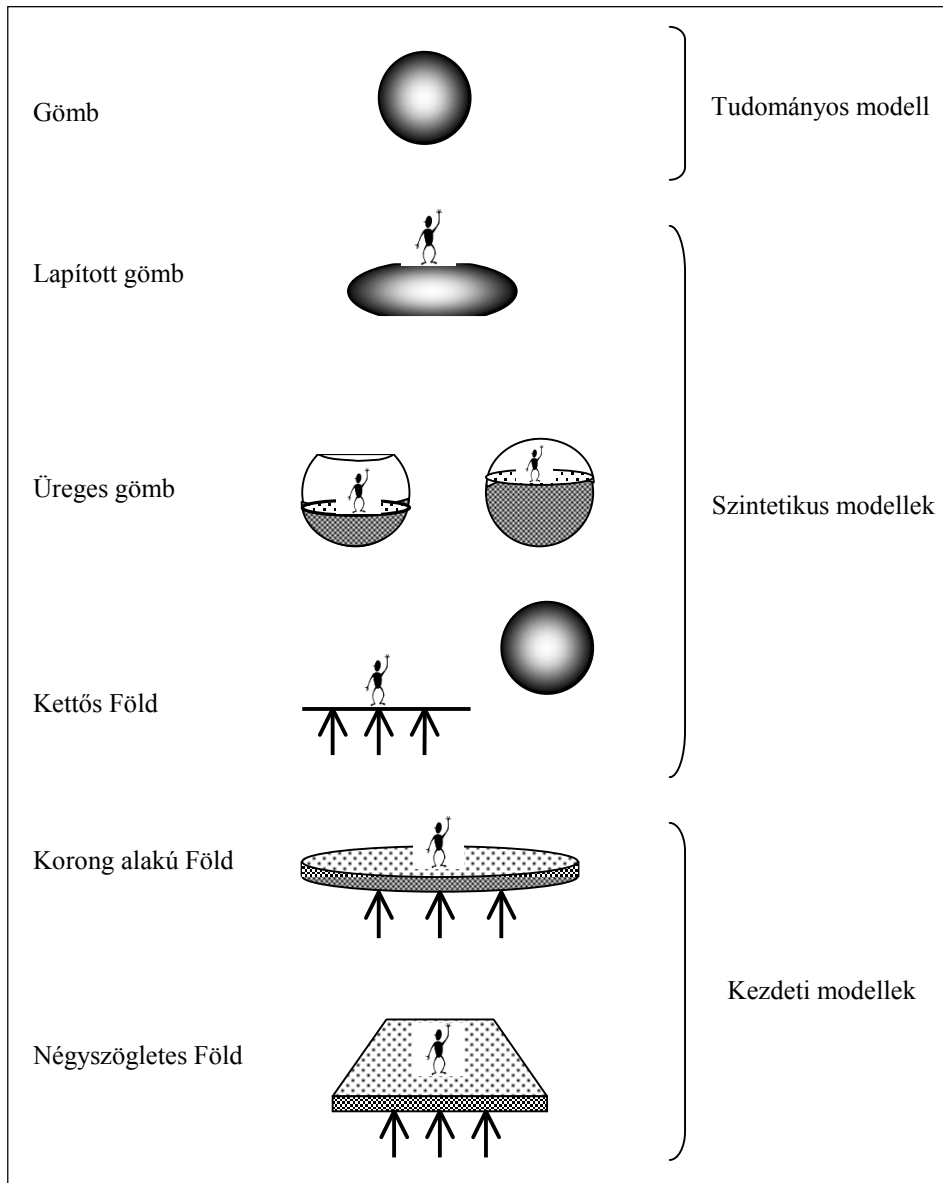
Vegyük csak a fenti példát az általános iskolásoknak a Földről alkotott képzetében jelentkező tévképzetetről. Már a legkisebb gyerekekhez is számtalan információ jut el a Föld gömb alakjával kapcsolatban a gyerekkönyveken, a TV műsorokon, a szülőkkel való beszélgetéseken, a földgömbök látványán stb. keresztül. Az Egyesült Államokban végzett kutatásaink során (*Vosniadou*, 1994b) egészen a hároméves korosztályig kellett visszamennünk ahhoz, hogy olyanokat találjunk, akihez még nem jutott el ez az információ. A négyévesek nagy része már tudott valamilyen szinten a Föld gömb alakjáról. Nehéz lenne tehát azt mondani, hogy a gyerekeknek a Föld formájával kapcsolatban kialakult tévképzetei a tapasztalat vagy esetleg a logikai gondolkodás korlátaiból fakadnának. A saját munkám során úgy adtam meg a tévképzetek és a tehetetlen tudás magyarázatát, hogy azok a diákok törekvéseinek termékei, mely törekvések a diákokat ért ellentétes (egyrészt a hétköznapi tapasztalatokból, másrészt a környező kultúrából, azon belül legfőképp az iskolai természettudományos oktatásból származó) információk kibékítésére irányulnak.

Kezdjük a tévképzetekkel! Ha alaposabban szemügyre vesszük az 1. ábrán bemutatott, a Föld alakjával kapcsolatos tévképzeteket, akkor azt látjuk, hogy ezek értelmezhetőek úgy, mint a diákok kísérletei arra, hogy a kultúra által közvetített információt, miszerint a Föld gömbölyű, összhangba hozzák a már meglévő „elméletükkel”, miszerint a Föld egy lapos fizikai tárgy, és az emberek a tetején élnek. Így például azok a gyerekek, akik az üreges gömb modelljét alakítják ki magukban, látszólag megértik, hogy a Föld gömb alakú, de ugyanakkor azt hiszik, hogy az emberek egy lapos felületen élnek a Föld gyomrában. Ugyanakkor azok a gyerekek, akik a lapított gömb modellt vallják, úgy vélik, hogy a Föld gömb alakú ugyan, de kicsit lapos is a tetején és esetleg az alján, ahol az emberek laknak. Azok a gyerekek, akikben a kettős Föld modellje alakult ki, azt gondolják, hogy két Föld van, a kerek, amelyik fenn van az égen, és rendelkezik a felnőtt modell minden tulajdonságával, illetve a lapos, amelyen az emberek élnek.

A vizsgálatainkban (*Vosniadou*, 1994a) az összes, a Föld alakjával kapcsolatosan az amerikai, illetve az indiai, görög és Szamoa-szigeteki gyermekmintákban felmerült tévképzettel kapcsolatban elmondhatjuk, hogy azok magyarázhatóak úgy, mint az egymásnak ellentmondó információk szintetizálására tett kísérletek; az egyik információ forrása az oktatás (a Föld gömbölyű), a másiké a mindennapos tapasztalat (a Föld lapos).

Láthatjuk tehát, hogy a gyerekek hogyan alakítják ki magukban a Földnek mint olyan lapos fizikai objektumnak a kezdetleges képét, amelyet alulról alátámaszt valami, a tetején emberek élnek és amely felett a szoláris objektumok, a Nap és a Hold helyezkednek el. A kisgyermek Földről alkotott elképzeléseit vizsgáló kutatásaink egyértelműen megerősíteni látszanak azt a hipotézist, miszerint a gyerekek kezdetben ezzel az egyszerű

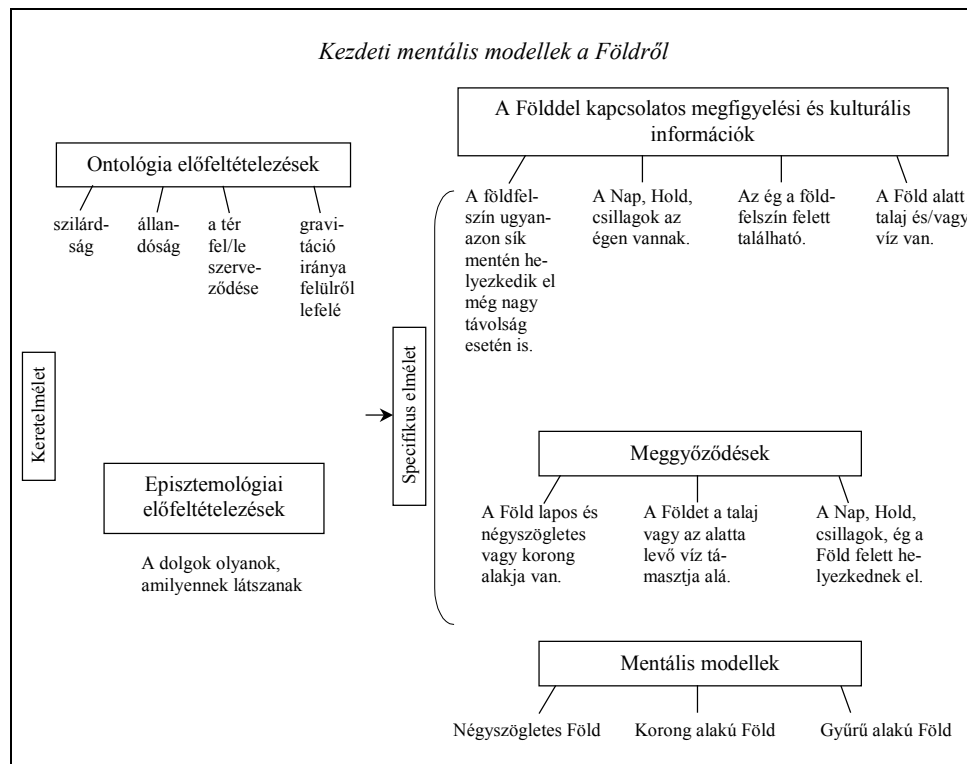
mentális képpel rendelkeznek. A kérdés mindössze az: miért nem váltanak át a gyerekek a lapos Föld képzetéről a gömb alakú Földre, miután ez utóbbit elmagyaráztuk nekik, illetve miután megmutatjuk nekik a földgömböt?



1. ábra

Mentális modellek a Földről (Vosniadou, 1994b. 53. o. nyomán)

Erre a kérdésre azt a választ adhatjuk, hogy a Földnek mint lapos fizikai objektumnak a képzete nem egyszerű hiedelem, hanem komplex konstrukció; megfigyelések, meggyőződések egész rendszere által alátámasztott, relatíve koherens és szisztematikus értelmezési rendszer. A 2. ábra azokat a meggyőződéseket és előfeltételezéseket jeleníti meg, amelyek a lapos, alátámasztott Föld képzetének háttérében húzódnak meg. Feltételezzük, hogy ez az a képzet, amelyet a gyermekek legelőször kialakítanak magukban.



2. ábra
Kezdeti mentális modellek a Földről

A bemutatott értelmezési rendszer egy korábbi munkám témája (Vosniadou, 1994b), részletesebb tárgyalása most nincs lehetőség. Itt most annak a kitételnek van jelentősége, hogy a lapos Föld képzet az előfeltételezésen alapszik, miszerint a Föld egy fizikai objektum és mint ilyenre, a fizikai objektumokra általában érvényes előfeltételezések rá is vonatkoznak. Ilyen előfeltételezések például, hogy a tér a felfelé és lefelé irányok szerint szerveződik, és hogy az alátámasztatlan tárgyak „leesnek”.

A természettudományos oktatás nem foglalkozik ezekkel a gömb alak megértését akadályozó előfeltételezésekkel. Az általános iskola csillagászati tananyagának vizsgálata az Egyesült Államokban és Görögországban azt mutatta, hogy a diákok nem kapnak magyarázatot arra, hogyan lehet a Föld egyszerre lapos és gömbölyű, vagy hogy hogyan élhetnek emberek az „oldalán” és az „alján”, anélkül, hogy „leesnének” róla. Különösen fontosnak tűnik az, hogy a gyerekek valamennyire megismerkedjenek a gravitációval, hogy megérthessék, hogyan élhetnek emberek egy gömbölyű, forgó Földön.

Az új információk a már meglévő tudásalaphoz történő hozzáadása tévképzetek keletkezéséhez vezethet, amennyiben a két információ két különböző, egymásnak ellentmondó értelmezési kerethez tartozik, ahogyan ez a Föld alakjával kapcsolatosan fennáll. Ilyen esetekben egy tudományos magyarázat megértése a tudásalap mélyreható újrasztrukturálását, alapvető előfeltételezések és meggyőződések revízióját is szükségessé teszi, mielőtt még a hozzáadás mechanizmusa működésbe lépne. Ezt értjük mi fogalmi váltás alatt. A gyerekeknek a Földet sokkal inkább csillagászati, mint fizikai objektumnak kell felfogniuk. Az ontológiai kategóriák illetően változtatása valójában az elmélet módosítását jelenti és nem feltétlenül a korábbi elmélet felcserélését egy másikkal.

A fogalmi váltás elmélete magyarázatot nyújthat a tehetetlen tudás jelenségére is. Annak, hogy az iskolai környezetben szerzett tudományos információ passzív marad és nem mozgósítható a mindennapi életben, az lehet az egyik oka, hogy az adott információ nincs összhangban a már meglévő fogalmi struktúrákkal, olyannyira, hogy a diákok arra sem ébrednek rá, hogy a két dolog ugyanabba a kategóriába tartozik.

Az itt javasolt elemzés nem csak az asztronómiában, hanem a fizika más területein is megerősítést nyert. A fogalmi váltás menetét vizsgáló kísérleteink a mechanika és a hőtan területén (*Ioannides és Vosniadou, 1991; Vosniadou, 1994b; Vosniadou és Kemper, 1993*) azt mutatják, hogy az általános és középiskolás diákok által az erőről és a hőről alkotott mentális modellek megmagyarázhatók a tanulók arra irányuló kísérleteiként, hogy az oktatásból szerzett információt beillesztik egy másik, az iskolaival alapvetően össze nem egyeztethető értelmezési keretbe.

Például a mechanika területén a gyermekek az erőnek egy olyan kezdetleges fogalmát alakítják ki magukban, mely szerint az erő a súllyal rendelkező tárgyak jellemzője. Ez a „belső” erő ezeknek a tárgyaknak azon képességét jelenti, hogy mekkora erővel tudnak reagálni azokra a tárgyakra, amelyekkel érintkezésbe lépnek. Ugyanakkor az erőnek nagy jelentősége van az élettelen tárgyak mozgásának értelmezésében is. A kisgyermekek lételméletében az élettelen tárgyak természetes állapota a mozdulatlanság, míg az élettelen tárgyak mozgása mindenképpen magyarázatot, leginkább egy közvetítő tényező bevonását igénylő jelenség. Ez a közvetítő tényező a másik test ereje.

Az erő kezdetleges fogalma nagyban különbözik attól, ahogyan az „erőt” mint nyelvészeti fogalmat manapság a tudományos közösség értelmezi. A newtoni fizikában az erő nem a tárgyak belső tulajdonsága, hanem a fizikai objektumok kinetikus állapotának megváltozását magyarázó folyamat. Ebben a fogalmi keretben a mozgás természetes állapot, amely nem szorul magyarázatra. Magyarázatra szorulnak viszont a kinetikus állapot változásai.

Az erő tudományos fogalmának mélyebb megértése hosszú és lépésről lépésre történő folyamat, így jó táptalaja a tévképzetek kialakulásának. A diákok fokozatosan jutnak el

oda, hogy kezdik megkülönböztetni a tömeg fogalmát az erő fogalmától és a belső erő képzetét felcserélik a mozgó tárgyakat jellemző szerzett erő (vagy más szóval lendület) képzetével. Mindama fontos változások ellenére azonban, amelyek az erő fogalmában a fejlődés során bekövetkeznek, a keretelmélet néhány makacs előfeltételezése – például, hogy az erő a tárgyak attribútuma és az élettelen tárgyak mozgása magyarázatot igényel – továbbra is tartja magát a középiskolások, sőt még az egyetemisták fogalmi rendszerében is, annak ellenére, hogy ezek a diákok már rendszeres képzést kaptak a newtoni mechanikából (*Ioannides és Vosniadou*, megjelenés alatt).

Hogyan segítheti az oktatás a természettudományok tanulását gyermekkorban

A kisgyermekes természettudományos oktatásának minden kétséget kizáróan úgy kell kezdődnie, hogy új tapasztalatokban gazdag környezetet és lehetőséget biztosítunk számukra az érdeklődésükre számot tartó jelenségek megfigyelésére, illetve ösztönözzük őket tapasztalataik értelmezésének megkísérlésére. Ahogyan aztán a gyermekek növekednek, be kell vezetni őket az adott természettudományos tantárgy mélyebb minőségi megértésébe. Ez a minőségi megértés lehet azután a későbbi rendszerezett természettudományos oktatás alapja. A fentiekben vázolt fogalmi váltás elméletéből olyan konkrét javaslatok következnek az általános iskolai természettudományos oktatás tantervét és tanítási módszereit illetően, amelyek már túlmutatnak a szükséges tapasztalatok biztosításán.

A tananyag mennyisége

Az a felismerés, hogy a természettudományos fogalmak megértése nehéz, időigényes és nagy eséllyel tévképzetek kialakulásához vezető folyamat, a természettudományos oktatás jelenlegi tananyagmennyiségének újragondolását sürgeti. Érdemesebb lenne úgy kidolgozni a tantervet, hogy az inkább az adott tantárgyhoz tartozó alapfogalmak alaposabb körüljárására és megértésére koncentráljon, mintsem hogy nagy anyagot fogjon át, de felszínesen. Például Görögországban az ötödik osztályos tanterv egy-egy rövid fejezetet tartalmaz mechanikából, termodinamikából, az energiáról, az anyag részecskejellegéről és az életfolyamatokról. Ez a megközelítési mód a tényanyag véletlenszerű bemagolását teszi szükségessé és nagyon könnyen logikai ellentmondások és tévképzetek kialakulásához vezethet, ahelyett, hogy a tudományos fogalmak minőségi megértését segítené elő. A tanárokat aggodalom tölti el, hogy nem tudnak majd végezni az anyaggal, ezért nem fordítanak elegendő figyelmet arra, hogy a diákok mindent megértettek-e.

A tanított fogalmak elsajátításának sorrendje

A természettudományok tanítására irányuló kutatások is kimutatták, hogy a tananyagot alkotó fogalmak egy bizonyos rendszerben kapcsolódnak egymáshoz, ami meghatá-

rozsa elsajátításuk sorrendjét. Ezt a rendszert nem szabad figyelmen kívül hagyni az oktatás és a tanmenet megtervezésekor. Csillagászatból például a diákok csak azután tanuljanak a Föld alakjáról, ha már kialakult egy elemi fogalmuk a gravitációról. Az éjszakák és nappalok váltakozásának a Föld tengelyforgására épülő magyarázata addig nem válik érthetővé, amíg a diákok nem tudják, hogy a Föld egy forgó gömb, vagy hogy a Hold a Föld körül kering. Máskülönb az a téves képzet alakul ki bennük, hogy a Nap és a Hold a fel/le forgó Föld két oldalán mozdulatlanul áll (*Vosniadou és Brewer, 1994*). Hasonlóképpen, az évszakok tudományos magyarázatának megértése csak azoknál a diákoknál fog bekövetkezni, akik kialakították már magukban a heliocentrikus naprendszer mentális modelljét, tudják a Föld, a Nap és a Hold egymáshoz viszonyított méretét és ismerik az éjszakák és nappalok váltakozásának tudományos magyarázatát. *Sadler (1987)* harvardi egyetemistákkal végzett kutatásai azt mutatják, hogy csak nagyon kevesen tudták közülük, mi okozza az évszakok váltakozását, annak ellenére, hogy az Egyesült Államokban ez általános iskolás tananyag.

Jelenleg ilyen szempontok nem érvényesülnek a természettudományok tanterveinek összeállításakor. Az egyesült államokbeli négy legismertebb természettudományos tankönyvcsalád csillagászati részeinek (*Vosniadou, 1991*), illetve az általános iskolai csillagásztanítás görögországi nemzeti tantervének elemzése azt mutatta, hogy számos fogalom olyan sorrendben kerül bevezetésre, hogy a megértéshez szükséges összes előzetes információ nem áll mindig maradéktalanul a diákok rendelkezésére.

Ahogy a fentiekben már említettük, az általános iskolás diákok rendszerint egy egyszerű kijelentés formájában kapnak a Föld formájára vonatkozó felvilágosítást, például „a Föld olyan kerek, mint egy labda”, amit egy földgömbnek az osztály előtti bemutatása is kísér esetleg. Az ilyen típusú oktatásban a tanárok nem magyarázzák el a diákoknak, hogyan lehetséges az, hogy a Föld gömbölyű, amikor laposnak tűnik, és hogyan lehetséges az, hogy az emberek a gömb „oldalán” és alján is élnek, anélkül, hogy „leesnének” róla. Az általános iskolás csillagászat-tananyagban egyáltalán nem találtam utalást a gravitáció fogalmára. Ez azért lehet így, mert a gravitáció a mechanika tantárgykörébe tartozik. Nyilvánvaló, hogy az ilyen típusú oktatás nem foglalkozik a diákok előfeltételezéseivel és így nem biztosítja a gömbölyű Föld elfogadott képzetének kialakulásához szükséges információkat.

A diákok nézőpontjainak figyelembevétele

A természettudományos oktatás tervezésére nézve igen fontos következményekkel jár az a felismerés, hogy a diákok nem mint „üres edények” lépnek be az iskolába, hanem már nehezen megváltoztatható meggyőződések és előfeltételezések vannak arról, hogyan is működik a világ. A tanároknak ismeretekkel kell rendelkezniük arról, hogyan látják diákjaik a fizikai világot és figyelembe kell venniük a tanulók nézőpontjait az óráik tervezésekor. Oktatási intervenciók lépések kidolgozására van szükség: egyrészt, hogy a tanulók tudatára ébredjenek implicit meggyőződéseknek és előfeltételezéseknek; másrészt biztosítani kell a szükséges tapasztalatok megszerzését ahhoz, hogy megértsék a saját magyarázataik korlátait és motiváltak legyenek azok megváltoztatására; és végül az

iskolai természettudományos oktatást ki kell egészíteni kapcsolódó, az iskola falain kívül folyó tevékenységekkel.

A metafogalmi tudatosság kialakulásának segítése

Noha a gyerekek viszonylag ügyesen értelmezik mindennapi tapasztalataikat, nincsenek tudatában az általuk konstruált értelmezési kereteknek. Továbbá arra sem ébrednek rá, hogy a fizikai jelenségekre adott magyarázataik valójában hipotézisek, amelyek kísérletileg vizsgálhatók illetve cáfolhatók. Magyarázataik maguktól értetődőek és kimondatlanok maradnak. A metafogalmi tudatosság ilyen hiánya lehetetlenné teszi, hogy a gyerekek előzetes tudásukat megkérdőjelezzék, ugyanakkor ösztönzi az új információknak a már meglévő fogalmi keretbe történő asszimilációját. Feltehetően ez az asszimilációs törekvés az alapja a szintetizáló modellek és a tévképzetek kialakulásának, és ez rejlik a diákok érvelésében gyakran megfigyelt látszólagos következtelenség mélyén is.

A diákok metafogalmi tudatosságát elősegítendő, szükség lenne a csoportos beszélgetéseket és a gondolatok verbális megfogalmazását lehetővé tevő tanulási környezetek kialakítására. Napjainkban már léteznek olyan technikai felszereltségű tanulási környezetek, ahol a diákok könnyebben kifejezhetik a jelenségekről magukban kialakított képzeteket és összehasonlíthatják azokat a többiekével. Meglehet, hogy ezek a tevékenységek időigényesek, de ugyanakkor fontosak is azért, hogy a diákok tisztába jöjjenek azzal, mit tudnak már és mit nem.

Hangsúlyoznunk kell, hogy a természettudományok tanulása azt jelenti, hogy a diák nemcsak a laikusétól eltérő értelmezési rendszert tesz magáévá, hanem egy annál sokkal rugalmasabbat is, amely lehetővé teszi a dolgok különböző nézőpontokból történő vizsgálatát. Nézetünk szerint ezt a fogalomhasználat terén érvényesülő rugalmasságot (amely további kutatások tárgya lehet) leginkább a metafogalmi tudatosság eredményezheti. Nagyon nehéz, ha nem képtelenség, más nézőpontokat elfogadni, ha az ember a saját szemzőgével sincs tisztában. Saját magunk meggyőződéseinek és előfeltételezéseinek fokozott megértése nagyon fontos lépés mások előfeltételezéseinek és meggyőződéseinek megértéséhez, és talán ez az első lépés is egyben a fogalmi váltás felé.

A rögzült előfeltételezések megcélzása

A diákok gyakran nem látják szükségét meggyőződéseik és előfeltételezéseik újragondolásának, mert azok megnyugtató magyarázatot adnak hétköznapi tapasztalataikra, működőképesek a mindennapi életben és hosszú évek során szerzett bizonyosság rögzíti őket. Ahhoz, hogy a diákokat meggyőzhessük a tudományos megértéshez szükséges energia-befektetés értelméről és a fizikai jelenségekre adott kezdetleges magyarázataik újragondolásának szükségességéről, további tapasztalatokhoz kell juttatnunk őket (rendszeres megfigyeléseken vagy saját kezűleg elvégzett kísérletek eredményein keresztül), hogy felismerjék, korábbi magyarázataikat át kell értelmezniük. Ha azt akarjuk, hogy ezek a tapasztalatok célravezetők legyenek nézeteik újragondolásában, akkor úgy kell őket megválogatnunk, hogy az elmélet szempontjából relevánsak legyenek. Akármilyen tapasztalat nem felel meg erre a célra.

Nyelvi nehézségek a természettudományos oktatásban

Tovább ront a helyzeten, hogy a természettudományos oktatás súlyos kommunikációs problémákkal küzd. Az olyan fogalmak, mint hő, erő, tömeg stb. szemantikája más a hétköznapi, és más a tudományos nyelvben. Ez jelentős hiba- és félreértésforrás, amely talán kiküszöbölhető lenne, ha a természettudományos nyelvben más szakkifejezéseket használnánk. Az oktatóknak nagyobb érzékenységet kell mutatniuk a természettudományos fogalmak oktatása során felmerülő nyelvi nehézségekkel kapcsolatban, és többet kell ezekről beszélniük diákjaikkal.

A természettudományos oktatás kulturális támogatottsága

Ezzel elérkeztünk az utolsó ponthoz, a természettudományos oktatás kulturális támogatottságának meglehetősen fontos kérdéséhez. Noha kultúránk elismeri a tudományos magyarázatokat, azok még nem szivárogtak le a kultúra hétköznapi szintjeire. Bármilyen legyen is a természettudományos oktatás az iskolában, az iskolán kívülről csak akkor nyer megerősítést, ha a gyermekek szülei járatosak a természettudományokban és ellátják őket könyvekkel, természettudományos parkokba és múzeumokba viszik őket és beszélnek nekik tudományos kérdésekről. Nagyon fontos lenne, hogy a TV programokon, népszerűsítő könyveken, a gyermekeknek tervezett természettudományi múzeumokon és egyéb tevékenységeken keresztül a tudomány minél inkább a hétköznapiok részévé váljon.

Összegzés

Amellett kívántunk érveket felhozni, hogy a természettudományok tanulása nem írható le olyan folyamatként, amelynek során az új tudás csak egyszerűen hozzáadódik a már meglévő tudásstruktúrákhoz, hanem sokkal inkább olyan folyamat, amely gyakran szükségessé teszi a fizikai világról kialakított alapvető előfeltételezések és meggyőződések újragondolását. Ez semmiképp nem egyszerű, hanem meglehetősen nehéz folyamat, hiszen a hétköznapi tapasztalatban gyökerező meggyőződések és előfeltételezések meglehetősen makacsak és ellenállnak a változtatásnak. Az a felismerés, hogy a természettudományok tanulása nehéz és időigényes, az első fontos lépés lehet annak érdekében, hogy az oktatásban résztvevők közössége együttes erővel hozzáfoghasson a diákok jobb természettudományos felkészültségét és természettudományos érdeklődését elősegítő tantervek és tanulási környezetek megteremtéséhez.

A tanulmány az I. Országos Neveléstudományi konferencián (Budapest, 2001. október 26.) elhangzott előadás szerkesztett változata.

Irodalom

- Bereiter, C. (1984): How to keep thinking skills from going the way of all frills. *Educational Leadership*, **42**, 75–77.
- Bransford, J. D., Franks, J. J., Vye, N. J. és Sherwood, R. D. (1989): New approaches to instruction: Because wisdom can't be told. In: Vosniadou, S. és Ortony, A. (szerk.): *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge University Press, New York.
- Caravita, H. (1994): Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, **4**, 89–111.
- Carey, S. (1985): *Conceptual change in childhood*. MIT Press, Cambridge.
- diSessa, A. (1982): Unlearning Aristotelian physics: A study of knowledge-based learning. *Cognitive Science*, **6**, 37–75.
- diSessa, A. (1993): Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, **10**, 105–225.
- Driver, R. és Easley, J. (1978): Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, **5**, 61–84.
- Ioannides, C. és Vosniadou, S. (1991): The development of the concept of force in Greek children. Előadás a European Society for Research on Learning and Instruction kétévenkénti konferenciáján. Turku.
- Ionnides, C. és Vosniadou, S. (megjelenés alatt). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*.
- Piaget, J. (1970): *Genetic epistemology*. Columbia University Press, New York.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. és Gertzog, W. A. (1982): Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, **66**, 211–227.
- Sadler, P. M. (1987): Misconceptions in astronomy. In: Novak, J. D. (szerk.): *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, N.Y. Vol. 3. 422–425.
- Viennot, L. (1979): Spontaneous reasoning in elementary dynamis. *European Journal of Science Education*, **1**, 205–221.
- Vosniadou, S. (1991): Designing curricula for conceptual restructuring: Lesson from the study of knowledge cognition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 3. sz. 219–237.
- Vosniadou, S. (1994a): Universal and culture specific properties of children models of the earth. In: Hirschfield, L. A. és Gelman, S. A. (szerk.): *Mapping the mind*. Cambridge University Press, New York.
- Vosniadou, S. (1994b): Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, **4**, 45–69.
- Vosniadou, S. és Brewer, W. F. (1992): Mental models of the earth: A study conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, **24**, 535–585.
- Vosniadou, S. és Brewer, W. F. (1994): Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, **18**, 123–183.
- Vosniadou, S. és Kempner, L. (1993): Mental Models of Heat. Előadás a Society for Research in Child Development kétévenkénti konferenciáján, New Orleans.

Stella Vosniadou

ABSTRACT

STELLA VOSNIADOU: LEARNING, COGNITION AND THE PROBLEM OF CONCEPTUAL CHANGE

In this presentation I will describe my attempts to develop an understanding of the process of conceptual change in the larger context of a cognitive theory of learning. I will start by describing the state of the art in learning and instruction research today. I will continue with a discussion of the similarities and differences in the various approaches to conceptual change (Piagetian, Vygotskian and situated cognition perspectives, the “standard theory” of conceptual change and fragmentation approaches). I will continue with a description of the cognitive/developmental approach to conceptual change to be outlined with examples from my research on the learning of science concepts. More specifically, it will be argued that at the time when systematic science instruction starts most children have already constructed an explanatory framework, a framework theory, for interpreting phenomena in the physical world. The term theory is used here to denote a relational, explanatory structure, and not an explicit, well-formed, and socially shared scientific theory. This initial framework theory, based on everyday experience and culture, is very different in its structure, in the phenomena it explains, and its individual concepts, from the scientific theories to which children are exposed in school. Learning science requires the fundamental restructurings in this initial framework theory, a restructuring that can be referred to as theory change. More specifically, we can define conceptual change as the outcome of a very complex cognitive as well as social process thereby which an initial framework theory is restructured. Studies of conceptual change have shown that this is a slow and gradual affair often accompanied by misconceptions, inert knowledge, internal inconsistencies, and lack of critical thinking. The implications of this approach for instruction will be outlined.

Magyar Pedagógia, **101**. Number 4. 435–448. (2001)

Levelezési cím / Address for correspondence: Stella Vosniadou, University of Athens, Panepistimiopolis, GR15771 Athens, Greece.