

Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron (II.)

Háromrészes tanulmány sorozatom első részében felvázoltam, hogy a napjainkban kibontakozó konstruktív pedagógiának milyen gondolkodási előzményei voltak, továbbá, hogy mi a lényege, illetve hogyan illeszkedik abba az elmélet sorba, amely a tanulás pszichológiai fogalma és annak pedagógiai alkalmazása köré szerveződött. Az alábbiakban egyrészt bemutatom a konstruktív pedagógia két tudományos forrását, azt, hogy ez a paradigma mit köszönhet a tudományfilozófiának és a kognitív pszichológiának, másrészt viszont (talán kicsit ellensúlyozandó e részek elméleti jellegét) néhány gyakorlati példát ismertetek a konstruktív pedagógia alapgondolatainak alkalmazásával kapcsolatban.

A konstruktív pedagógia kialakulása nem elsősorban a pedagógia mint tudomány belső folyamatainak következménye. Kialakulására mindenekelőtt a *kognitív tudományok* fejlődése hatott rendkívül ösztönzően. Kognitív tudományok alatt elsősorban a *kognitív pszichológiát*, a *modern nyelvelméletet*, a *mesterséges intelligencia kutatását*, tágabban a kogníció iránt érzékeny számítástudományt és a *kognitív pedagógiát* értem, de ide sorolom – talán kevesebb joggal, de feltétlenül okkal – a *modern tudományelméleteket*, az *episztemológiát* (ismeretelméletet), az *etológiát* és az *agykutatást* is.

A konstruktív pedagógia tudományos forrásai

Ismeretes, hogy a tudományos világ a huszadik század ötvenes éveiben élhette meg a *kognitív forradalmat*, vagyis azt a folyamatot, melynek során az érdeklődés egyszerre több tudományban is az információval kapcsolatos folyamatok, a kogníció, a jelentés fogalma felé fordult. Kialakul az elméműködést alapvetően információkezelésként értelmező kognitív pszichológia és kiméletlen harcot hirdet a majd fél évszázadon keresztül szinte egyeduralgódó behaviorizmussal szemben. Felgyorsulnak a kutatások a számítástudományban, a számítógép ideális, ember által átlátható információkezelő, a folyamatokat modellező eszközként, sőt a kognitív működések metaforájaként jelenik meg. Az információelmélet és a rendszerelmélet szolgáltatja azokat az általános elméleti kereteket, leírási lehetőségeket, amelyeket mindegyik kognitív tudomány azonos módon használ (információ, információ-feldolgozás, kódolás, dekódolás, jel, csatorna, zaj stb.). Az etológia egyik kiemelt kutatási témája lesz az állatok tanulásának vizsgálata, az agykutatás pedig egyre intenzívebben tárja fel azokat a belső, anyagi struktúrákat, amelyek valamikor majd a rendkívül bonyolult agyműködés megértésének alapját jelenthetik. A tudományelméletek egy viszonylag csendes, de a tudomány belső világát felforgató átalakuláson mennek keresztül, s *Karl Popper*, *Lakatos Imre*, *Thomas Kuhn* és mások munkássága nyomán egy egészen új, forradalmi tudományfelfogás bontakozik ki, amely elsősorban a pozitivistá hagyományokkal kíván teljes mértékben szakítani. A nyelvelméletben megjelenik *Noam Chomsky*, s a generatív grammatika, s elkezdődik a mai napig is tartó

csatározás az egymástól rendkívül eltérő paradigmák között. Közben az ismeretelméletek területén is jelentős változások történtek; itt mindenekelőtt *Jean Piaget* munkásságát és a konstruktivizmus megalapozását kell megemlítenünk, de a kevésbé ismert, amerikai *G. A. Kelly*, (19) majd *David Ausubel* (20) is leteszik névjegyüket, s a pedagógia számára rendkívül hasznos ismeretelméleti, valamint oktatáslélektani kutatásokat folytatnak, részben Piaget-val vitatkozva. Itt nem is említettem a folyamat minden egyes szereplőjét, hiszen például nem volt szó az antropológiáról, amely szintén jelentősen hozzájárult az emberi kognitív folyamatok megértéséhez, nem említettem a szociálpszichológia szerepét sem stb. Mindezen folyamatoknak egyaránt közük volt a konstruktív pedagógia formálódásához, ám én ezek közül most csak kettővel szeretnék foglalkozni: a tudományfilozófia és a kognitív pszichológia hatásával, s ezeket kicsit részletesebben is bemutatom.

A konstruktivizmus és a tudományelméletek

A konstruktív szemléletű pedagógia valószínűleg nagyon sokat köszönhet a tudományelméleteknek és a tudományfilozófiának. Egyrészt a konstruktív pedagógia háttérét alkotó konstruktív ismeretelmélet a korszerű tudományelméletekkel „kart karba öltve” fejlődött ki, egymást erősítették, s a legtöbb ponton teljesen azonos volt a mondanivalójuk. Másrészt magában a pedagógiában volt jelentős szerepe a modern tudományelméletek pedagógiai mondanivalója feldolgozásának, ezen belül is egy szélsőséges ideológia, a *felfedezettve tanítás* kritikájának.

A „négy didaktika” leírása során láttuk, hogy a tanulás folyamatára vonatkozó elképzelések és a gyakorlat is milyen szoros kapcsolatban fejlődtek a tudományra vonatkozó nézetekkel és a tudományos kutatás gyakorlatával. Ezért nem csodálható, hogy a huszadik század második felében a tudományelméletben bekövetkezett „kopernikuszi fordulat” a nevelés tudományát sem hagyhatta érintetlenül. Milyen hatásokról, milyen változásokról van itt szó?

Egy korábbi tanulmányomban (21) a természettudományos nevelésre vonatkozóan már igyekeztem bemutatni ezt a folyamatot, s mivel ott is inkább az általános pedagógiai konzekvenciákat tárgyaltam, ezért nem szükséges, hogy itt részletesen elemezzem, hogyan látom a pedagógia és a modern tudományelméletek összefüggését. Csak a lényegre szorítokozom tehát.

A huszadik század első felét a tudományelméletek terén még szinte teljesen uralja a pozitívizmus, a tudományos folyamatok leírásán gondolkodók keresik azt a biztos nyelvet vagy azt a biztos matematikát, amellyel a szerintük induktív-empirikus alapokon felépülő tudomány igazságfogalmát meg lehet alkotni, keresik azt a módot, eljárásrendszert, amely teljesen kiküszöböli a tudományból a kételkedést, a metafizikát, s az elméleteket emberi konstrukciók helyett levezethető, abszolút igaz általánosításokká teszi. Ez a program – ha sokáig kimondatlanul is – ott kísért a tudományról való gondolkodásban, amióta csak *Francis Bacon*, *David Hume* és *John Locke* megteremtették az empirizmust. Az empirista krédó a tudományt a tapasztalatok szerzése és azok állandó általánosítása folyamatának tartja. Az empirizmus szerint minden ismeret kiindulópontja a tapasztalat, s minden ismeretszerzés üres fecsegéssé romlik, ha nem alapszik megfigyeléseken, méréseken, kísérleteken. Ebben a gondolkodásban az elméletek is a tapasztalatokon alapulnak: kezdetben csak hipotézisek, bizonytalan megfogalmazások, s csak az empirikus igazolás után válnak igaz elméletekké. Az empirizmus szerint tehát az igazság kritériuma az empirikus igazolás. Néhány tény igazolhat egy elméletet, s elég csak egy, az elméletnek ellentmondó tény, hogy ne tartsuk igaznak a hipotézist, s másikat keressünk helyette, természetesen ismét a tapasztalatokhoz fordulva.

Az empirizmus antitéziseként létezett, létezik a *René Descartes* által megalkotott racionalizmus. E gondolkodás szerint a tudás a bennünk lakozó általános ismeretek, elméletek derivátuma, elaborációja, s a tapasztalatnak nincs központi szerepe a megismerésben.

A racionalizmus logikája deduktív. Itt általánosabb tételekből vezetünk le speciálisabbakat, azokat is, amelyek az emberi, hétköznapi gyakorlatot meghatározzák. Az empirizmus „mintatudománya” a newtoni mechanika (mondván, hogy *Newton* az emberiség évezredes tapasztalatainak empirikus általánosítását végezte el), a racionalizmusé viszont a geometria *Euklidész* axiómáival, amelyekből minden igaz és a gyakorlatban is helytálló geometriai tétel levezethető. A racionalizmus számára igaz az, ami az emberi, logikus gondolkodással összefér, az igazság kritériuma tehát annak racionalitása, a gondolkodás törvényeinek való megfelelése.

A kísérleti tudományok sikere természetesen az empirizmust erősítette. Ennek tudható be, hogy ezen ismeretelméleti, tudományelméleti felfogás megingathatatlanak tűnik a közgondolkodásban, de még a tudós emberek többségének gondolkodásában is. A huszadik század közepétől azonban felerősödött az empirizmus tudomány szemlélet kritikája. A tudományoknak egy olyan szemlélete jött létre, amely ugyan egymástól nagyon különböző változatokban, de mind az empirikus, mind a racionalizmus előfeltevéseit tagadja. Elsősorban Karl Popper, Thomas Kuhn, Lakatos Imre e tekintetben az úttörők, s a pedagógiai szakirodalomban is gyakran idézett alakjai ennek a forradalomnak, de a tudományelmélet megújításán valójában filozófusok, tudománytörténészek, szociológusok egész hada dolgozik. Kuhn alapműve – *A tudományos forradalmak szerkezete* című könyv – magyar nyelven is olvasható. (22) A rendkívül érdekes részletek iránt érdeklődők elsősorban *Bence György* (23) és *Polányi Mihály* (24) műveiben búvárkodhatnak.

Mi a fő mondanivalója az új tudományelméleteknek? Mindenekelőtt az, hogy a tudományos megismerés elméletvezérelt, s nem pedig az empiria által irányított folyamat. Az empirikus tevékenység természetesen fontos szerepet játszik a tudományok fejlődésében, azonban önmagában nem forrása az ismereteknek; pusztán az empirikus eredményekre nem lehet általánosításokat építeni. Az empirikus eredmények mindig elméleti előfeltevések kapcsán születnek meg és elméleti konstrukciók adják a kísérletek, megfigyelések, mérések magyarázatát is. Polányi Mihály leírásából például tudhatjuk, hogy *Einstein* egyáltalán nem a *Michelson–Morley*-féle kísérletek negatív eredményeire alapozta a speciális relativitáselméletet. Azt is nagyon jól tudják a fizikusok, hogy az általános relativitáselmélet megalkotása során semmilyen, a korábbi elméleteknek ellentmondó tapasztalatot nem használt föl *Einstein* az „elmélet épületének felhúzásakor”, hiszen ilyenek akkor nem léteztek, s ma sem rendelkezünk ilyenekkel nagy számban. Abban viszont, hogy az általános relativitáselmélet segítségével jó tudományos előrejelzések tehetők, rendkívüli mértékben bíznak a fizikusok. *Galilei* az arisztotelészi fizika magyarázatainak elégtelensége miatt, a szabadesés megértésének érdekében alakította ki elképzelését a négyzetes úttörvényről, s lényegesen kihasználta azt a semmilyen empiriával nem magyarázható igényt, hogy a törvény alakja minél egyszerűbb legyen. Csak ez után látott neki kísérletezni, s minden tudománytörténeti alapot nélkülöz az a feltételezés, hogy a pisai ferde toronyból ejtett kövek mozgásának vizsgálatából vezette volna le az összefüggéseket. Erősen kétséges, hogy *Galilei* egyáltalán ejtett-e le köveket a toronyból. (25)

Különösen elegáns és a pedagógiában is gyakran alkalmazott Thomas Kuhn magyarázata a tudományos fejlődés folyamatairól. E szerint – lényeges egyszerűsítésben – a fejelet tudományok formálódásának alapvetően két szakasza van. Az egyik a *normál tudomány* szakasza, amelyben az adott tudományterületet egy elméletrendszer, fogalomrendszer, gondolkodásmód, egy tudományos attitűd uralja, amelyeket Kuhn összefoglalóan *paradigmának* nevez, rengeteg kritikai észrevétel számára nyitva utat ezzel a fogalomalkotással. Ebben a szakaszban a paradigmából kiindulva, azt működtetve vetik fel kérdéseiket a tudósok, mintegy deduktív módon állításokat vezetnek le a felettes paradigmából, s empirikusan ellenőrzik, hogy a valóság valóban annak megfelelően működik-e. Itt tehát nem elméletalkotás folyik (bár természetesen a paradigma részeként, annak keretei közé épülő elméletek is megfogalmazhatók, de nem az empirikus tapasztalatok alapján,

hanem a paradigmából levezetve). Ez a működés leginkább a rejtvényfejtéshez hasonlít. Adottak a keretek, ki kell tölteni az üresen hagyott részeket, el kell végezni az elméleti rendszer elaborációját (kidolgozását).

A normál tudományos tevékenység azonban minduntalan ellentmondásokhoz vezet, vagyis a paradigmából levezetett, empirikusan vizsgálható hipotézisek egyes esetekben nem jól jelzik előre a valóságos folyamatokat. A tudománynak vannak védekező reflexei erre a helyzetre, a tudósok gyakran hagyják figyelmen kívül az ilyen eredményt, a mérés pontatlanságával, a metodológia nem megfelelő voltával magyarázzák azt, s kicsit módosítják a paradigmát, de csak annyira, hogy a nyugtalanító eredmény még éppen elférjen benne. A kínos ellentmondások szaporodásával azonban egyre nő a valószínűsége annak, hogy egy kutató vagy egy tudóscsoport alternatív paradigmával jelentkezik. Ekkor kezdődik a tudományfejlődés másik meghatározó szakasza, a *tudomány forradalmi átalakulása*. A paradigmának ellentmondó empirikus eredmények önmagukban nem képesek azonnal falzifikálni (megcáfolni, semmissé tenni) a paradigmát. A döntés a régi és az új gondolkodásmód között nem logikai típusú, hanem – Kuhn szerint – szociális folyamat; az a kritikus kérdés, hogy az adott területen dolgozó tudományos közösség elfogadja-e, s ha igen, mikor fogadja el kutatásainak kereteként az új paradigmát (ha egyáltalán elfogadja valamikor). Tudományos forradalom volt *Darwin* evolúcióelméletének elfogadása, a kvantummechanika megszületése, a behaviorizmus pszichológiájának kialakulása, majd a kognitív pszichológia létrejötte, harcol az elismerésért Chomsky generatív grammatikája, s maga a konstruktív pedagógia is.

Más gondolkodók már ecsettel, más színekkel festik meg a tudomány formálódásának freskóját. Popper a tudományos eléletek falzifikációját, az ehhez vezető deduktív folyamatokat állítja középpontba. Lakatos tudományos kutatási programok közötti versenyről beszél. *Feuerabend* szinte minden korlátot ledönt, s meghirdeti a tudományos tevékenységgel kapcsolatban a „minden működik” ideológiáját. Polányi a tudás személyességét, a kiküszöbölhetetlen emberit állítja a tudományos megismeréssel kapcsolatos gondolkodás középpontjába. Nagyon különböző megközelítések ezek, de abban megegyeznek, hogy egyaránt elutasítják az induktív-empirista krédót, és nem azonosulnak a racionalizmus felfogásával sem.

A pedagógia természetesen mindebből nagyon sokat tanult. Ha a tudományos megismerés értelmezésében át kell alakítanunk az empiria szerepével kapcsolatos felfogásunkat, azt a korábban szilárdnak vélt hitet, hogy az empirikus tények megismerése kikényszeríti az általánosítást, az elméletek megalkotását, akkor a tanításban és a tanulás szemléletében sem követhető az ennek megfelelő gondolkodásmód. Márpedig a tanulási folyamatok induktív-empirikus felfogása nagyon mélyen gyökerezik a pedagógiai gondolko-

*A huszadik század első felét
a tudományelméletek terén
még szinte teljesen uralja
a pozitivizmus, a tudományos
folyamatok leírásán gondolkodók
keresik azt a biztos nyelvet
vagy azt a biztos matematikát,
amellyel a szerintük induktív-
empirikus alapokon felépülő
tudomány igazságfogalmát meg
lehet alkotni, keresik azt a módot,
eljárásrendszert, amely teljesen
kiküszöböli a tudományból
a kételkedést, a metafizikát,
s az elméleteket emberi
konstrukciók helyett levezethető,
abszolút igaz általánosításokká
teszi. Ez a program – ha sokáig
kimondatlanul is – ott kísért
a tudományról való
gondolkodásban, amióta csak
Francis Bacon, David Hume és
John Locke megteremtették
az empirizmust.*

dásban. Korábban már részletesen bemutatuk, hogyan formált meg ez a szemléletmód hosszú történelmi korszakokat meghatározó pedagógiai elméletrendszereket. Mind a *Comenius* megalkotta pedagógia, mind a reformpedagógusok „találmánya”, a cselekvés pedagógiája erősen elkötelezettek az induktív-empirista felfogás mellett. A ma Magyarországon tanító pedagógusok döntő többsége fenntartások nélkül egyetért azzal, hogy a gyerekek a tapasztalatok gyűjtögetésével, induktív általánosításokkal, absztrakcióval sajátítják el az ismereteket, s hogy minden pedagógiai eszközt ennek érdekében kell bevetni. Óriási fegyver az e nézetet valló pedagógusok kezében a gyakorlatiasság, a valós világ megmutatásának pátosza, a „két lábbal a talajon állás” elméleti gondolkodást lenéző ideológiája. E szerint minden más elképzelés biztosan üres elméletieskedés, s elszakad attól, hogy a gyerekek magát a „hús-vér valóságot” ismerjék meg. Ez a gondolkodásmód csak azokat tudja elképzelni a másik oldalon, akik soha nem mutatnak be egyetlen kísérletet sem a fizikaórán, akik csak a saját hangjukat szeretik hallani a történelemórán, akik nem képesek másképpen irodalmi művekről tanítani, mint előadva saját nézeteiket. Velük szemben az empirista pedagógia (jelenjék meg akár a szemléltetés, akár a cselekedtetés köntösében) modernnek, korszerűnek hat, aktivizál, bevonja a gyereket is a folyamatba, s szentül meg van győződve arról, hogy az ismeretátadás igazi művészetét birtokolja.

A tudományelméletek pedagógiai relevanciájának keresése közben találták meg többen is a felfedeztetve tanítás problémáját. (26) A felfedeztetve tanítás (vagy felfedezve tanulás) a reformpedagógusok kreációja. Azt a meggyőződést fejezi ki, hogy lehetséges a gyerekek teljesen önálló munkájának keretében az ismeretek felfedezése, nagyjából úgy, ahogyan az a tudomány történetében lezajlott. E gondolkodásmód mögött az a hit húzódik meg, hogy jótékony, feltételteremtő tevékenységgel kialakíthatunk olyan pedagógiai környezeteket, amelyekben a megismerés útja lerövidíthető, s a gyerekek gyorsan végigjárhatják egy-egy fogalom, tétel, összefüggés, elmélet kialakulásának útját. Az ilyen tanulási környezetek mindenekelőtt azokkal az empirikus tapasztalatokkal akarják kapcsolatba hozni a gyerekeket, amelyek – a feltételezések szerint – az általánosabb ismeret kialakulásához szükségesek. Nem kell tehát mást tenni, mint egyes pedagógiai szervezéssel minden külső feltételt biztosítani ehhez a folyamathoz, szabaddá kell tenni a tanulót, hagyni kell kreativitása kibontakozását, s a siker automatikusan bekövetkezik (hiszen a megismerés törvényei ezt diktálják). A felfedeztetésnek ez a szélsőséges szemlélet ellentmond a tudományfejlődés tényeinek, s természetesen mind a modern tudományelméletek, mind a konstruktivista tanulásfelfogás számára elfogadhatatlan. *Newton* nem „rángatott” kiskocsit a munkaasztalon, hogy felfedezhesse a második törvényt, *Watson és Crick*, a fehérjé-szintézist szabályozó genetikai kód megfejtői sem pusztán leolvasták a bázissorrendeket a mikroszkóp lencséje alatt. *Demokritosz* nem vette számba azokat a tényeket, amelyek amellet szólnak, hogy a világ anyagait kis, gömb alakú atomok alkotják, mint ahogy azt a felfedeztetés hívei ajánlják. A felfedeztetés ideológiájával az a baj, hogy egyáltalán nem számol a tapasztalatok elemzésére szolgáló, a tanuló ember fejében már létező kognitív struktúrákkal, s azok kreatív alkalmazásával. Pedagógia szakra felvételiző diákok ugyanazon adatsorokból egymásnak homlokegyenest ellentmondó, bár egyformán plauzibilis következtetésekre jutottak (1996-ban lezajlott, pedagógia szakos felvételi az ELTE-n). *Piaget* kísérleti eredményei (pl. a biliárdasztalos feladattal kapcsolatos eredmények) egyaránt magyarázhatók a *Piaget*-paradigmával – *Piaget* és *Inhelder* meg is tették –, de az általános, a tanulási tartalomtól független értelmi képességek létét tagadó, konstruktivista elképzelésekkel is. Talán túlzó a fogalmazás, de mégiscsak valami ilyesmiről van szó: csak ügyesen kell érvelnünk, s adott empirikus tapasztalatok alapján bármit „felfedezhetünk”. Nos, a gyerekek azt fogják felfedezni, amit már tudnak. Egyesek esetében ez az „elvárttal” lesz azonos, mert ők már birtokolták ezt az elméletet, mondjuk családi hatásra, mások azonban megerősítik ebben a folyamatban azt a belső elméletet, amelyet éppen megváltoztatni szeretnének. A felfedeztetés gyakorlata mélységesen szelektív.

Konstruktivizmus és kognitív pszichológia

A konstruktív pedagógiai elképzelések formálódása szempontjából a modern tudományelméletek mellett, vagy talán még azok előtt is a kognitív pszichológia hatásait kell kiemelniünk. Ha valaki azt állítja, hogy a kognitív tudományok – s mindene fölött a kognitív pszichológia – elsősorban a megismerés modellezéséért történő leírására épülnek, s az elmefolyamatokat is a világra vonatkozó modellek építéseként s használatként, valamint értékeléseként fogják fel, akkor világos, hogy ez a valaki máris a konstruktivizmus alap gondolatát fogalmazta meg. *Pléh Csaba* pontosan ezt állítja: „...nemcsak a tudományt képzeljük úgy el, mint modellalkotó tevékenységet, hanem az utóbbi 30–40 évben számos tudomány, így például a pszichológia, az etológia, a nyelvészet, a számítástudomány az egyes emberek megismerési tevékenységét is mint modellalkotó munkát képzei el, s ezt a modellalkotást állítja nemcsak a megismerésnek, hanem az egész ember-mivoltunknak a középpontjába. Ez egy olyan típusú világnézet... amely az érzelmeket és a társaskapcsolatokat is a modellalkotás keretében szeretné értelmezni.” (27)

A pszichológiát természetesen erősen érdeklí az a kérdés, hogy ez a modell, vagyis az ismeretek reprezentációja milyen módon épül fel a tudatban. A tudásreprezentáció a kognitív pszichológia egyik központi, sőt paradigmákat formáló kérdésévé vált. Vajon az emberi agyban az idegsejtek csoportokba rendeződve, az ilyen csoportokban kialakuló együttes működésükkel feleltethetők meg a világ entitásainak, s reprezentálják a fogalmakat, képeket, tényeket, folyamatokat, vagy ennél bonyolultabb leképezésről van szó? E másik, bonyolultabb elképzelés szerint a tudás elemeit nem elkülönült idegsejtcsoportok elemeinek együttes tüzelése, hanem sokkal inkább nagyon sok információ tárolására és kezelésére szolgáló ugyanazon idegsejtcsoportok aktivitási mintázata reprezentálja. Az utóbbi paradigma a PDP megközelítés (Parallel Distributed Processing = párhuzamos, megosztott

feldolgozás), amely az utóbbi időben egyre szélesebb körben válik elfogadottá, szemben az előbbivel, az elmeműködést *szimbólum-feldolgozásként* értelmező paradigmával. (28)

A kérdést értékelhetjük a pszichológia belügyének, s kérdezhetjük, hogy mi köze mindehhez a konstruktivizmusnak, a pedagógiának? Az ismeretek reprezentációjának meglehetősen eltérő következményei vezethetők le az egyik, illetve a másik elképzelésből, s világos, hogy a kognitív pszichológia eredményei érzékenyen érintik a megismerés meglehetősen radikális módon megfogalmazott elméletét és az arra épülő pedagógiát is. Az elmeműködés szimbólum-feldolgozásként történő értelmezése, tehát amelyben az „ismeretatomoknak” elkülönült idegsejtstruktúrák és azok együttes működése felel meg, nem mond ellent az induktív-empirikus megismerés lehetőségének. Kialakítható az az elmélet, hogy a tanulás nem más, mint ilyen egységek létrejötte és kapcsolataik formálódása. Az ismerettel való többszöri találkozás megerősítő folyamata által a tudás

A felfedeztetés ideológiájával az a baj, hogy egyáltalán nem számol a tapasztalatok elemzésére szolgáló, a tanuló ember fejében már létező kognitív struktúrákkal, s azok kreatív alkalmazásával. Pedagógia szakra felvételiző diákok ugyanazon adatsorokból egymásnak homlokegyenest ellentmondó, bár egyformán plauzibilis következtetésekre jutottak (1996-ban lezajlott, pedagógia szakos felvételi az ELTE-n). Piaget kísérleti eredményei (pl. a biliárdasztalos feladattal kapcsolatos eredmények) egyaránt magyarázhatók Piaget-paradigmával – Piaget és Inhelder meg is tették –, de az általános, a tanulási tartalomtól független értelmi képességek létét tagadó, konstruktivista elképzelésekkel is.

mintegy „beégetődik” az idegsejtek rendszerébe. Ez a folyamat alapulhat tisztán azt empirián, amikor a tudás akár az érzékek, akár a cselekvés közvetítésével mintegy „tükröződik” a tudatban. Ezzel szemben a PDP megközelítés inkább a konstruktivista ismeretelmélettel kompatibilis, hiszen az új információk ebben a szemléletben egy feldolgozási folyamat részeként módosítják az idegsejtstruktúrát, a szenzoros input vagy a gondolkodás belső folyamatai egy már kialakult idegsejtstruktúra sajátos aktivitási mintázata hozták létre, s indítanak el értelmezéseket. Elméletileg tehát minden olyan újabb kognitív pszichológiai eredmény, amely a PDP elméletet erősíti, egyben a konstruktív tanuláselmélet megerősítését is jelenti, ám ezen az egyelőre nagyon kevésbé ismert területen még valószínűleg sok érdekes és meglepő fejleménnyel találkozunk majd.

A kognitív pszichológia még számos ponton nyújt kapaszkodókat a konstruktív tanuláselmélet számára. Ezek közül csak kettőt emelek még ki, a tudásterület-specifikusság kérdését, továbbá a velünk születő képességek problémáját. Teszem ezt azért, mert úgy tűnik, ezek azok a kérdések, amelyekben a kognitív pszichológia alapvető pedagógiai kérdések megválaszolásához tud hozzájárulni, s az elmúlt néhány évben meghatározó empirikus eredmények születtek ezeken a területeken.

A tudásterület-specifikusság (domain specificity) problémája közelebbről azt a kérdést jelenti, hogy vajon az emberi kognitív működésekben kimutatható-e bizonyos általános, minden „anyagon” ugyanúgy működő értelmi képességek hatása, vagy inkább az információ-feldolgozás viszonylagosan elkülönülő, tudásterület-specifikus „kötegei”, az azokban már korábban rögzített ismeretek, s a szervezethezük játsszák-e a főszerepet? Ismert, hogy az első elképzelés paradigmává érlelésében Jean Piaget és munkatársai, követői játszották a legfontosabb szerepet. Piaget számára a kognitív struktúra az értelmi műveletek matematikai struktúrák segítségével – elsősorban a csoportelmélet, a geometriai axiómarendszerek és az ítéletek logikája által – leírható rendszerét jelenti, amely rendszernek az átalakulásai – és új minőségek megjelenése – rajzolják meg alapvetően a gyermek értelmi fejlődésének vonalát is. Korábban jeleztem, hogy a pszichológia számos, a piaget-i elgondolásoknak ellentmondó tapasztalattal rendelkezik, s a problémák megoldását sokan az elmeműködés, az információ-feldolgozás tudásterület-specifikus jellegének posztulálásában látják. Kicsit konkrétan a következőkről van szó: úgy tűnik, hogy a gyerekek legkülönbözőbb feladatok megoldásában tanúsított teljesítményeinek magyarázatát a tudásterület-specifikusság feltételezésével sokkal könnyebb megadni, mert a kutatók minduntalan azt tapasztalják, hogy ezek a teljesítmények kritikus módon függenek attól, hogy milyen kontextusba ágyazódik a feladat, hogy az éppen vizsgált gyermek milyen és mennyi tudással rendelkezik azon a területen, amelyen a feladat megfogalmazódott. Több vizsgálat során úgy találták, hogy felnőttek sem képesek minden feladatban, mindig a formális műveletek szakaszának megfelelő teljesítményeket nyújtani, sőt, ez a gyakoribb tapasztalat. (29) Ugyanakkor meglepő empirikus tapasztalatokkal rendelkezünk arról, hogy sokszor egészen kis gyerekek produkálják a formális műveleteket olyan feladatokkal kapcsolatban, amelyek „anyagában” – a feladathoz tartozó ismeretterületen – otthonosan mozognak. (30) Kimutatható – szintén Novak tanulmányaira hivatkozhatunk –, hogy a gyermeki teljesítmények nem koherensek, vagyis nem tűnik megfelelő értelmezési keretnek, hogy a gyermek értelmi fejlettségét univerzális, fejlődési szakaszokat meghatározó jellegzetességekkel, a konkrét tudásterületek fejlettségétől független tényezőkkel írjuk le. A modern konstruktivista elmélet alternatív magyarázatokkal szolgál mindazon jelenségekre, amelyeket Piaget megfigyelt.

A tudásterület-specifikus elmeműködés olyan belső rendszerre támaszkodik, amely az érzékeléssel bejövő információkat a „megfelelő pályára állítja”, vagyis ahogy Susan Carey és Elizabeth Spelke feltételezik, létezik egy *tudásterület-specifikus észlelés*, amely az észlelés során mintegy kiválogatja az adott rendszernek megfelelő entitásokat. (31) A rendszer legmélyén olyan alapelvek működnek, amelyek megszabják, hogy a tudásterü-

let-specifikus észlelés milyen módon dolgozza fel a beérkező információkat. Ezeknek az alapelveknek meg kell egyezniük azokkal az alapelvekkel, amelyek a gondolkodást irányítják, vagyis a tudásterület-specifikus kogníció működését szabályozó alapelvekkel, mert különben a gondolkodásunk az ellentmondó tapasztalatok hatására romba dőlne. Vagyis egy már-már paradoxonszerű problémába ütköztünk: amennyiben a gondolkodást és az észlelést ugyanazok az alapelvek – belső elméletek, elvárások – határozzák meg, akkor hogyan lehetséges bármiféle átalakulás az alapelvekben? „A tudás eredeti rendszerre nem dönthető meg semmilyen tapasztalat alapú indukcióval, mert csak a rendszerrel konform objektumok érhetők el a rendszer számára.” – olvasható az előbbi szerzőpárosnál. (32) Márpedig átalakulások vannak, mert különben nem léteznének a newtoni, illetve az einsteini mechanikát vagy a kvantummechanikát értő és alkalmazni tudó fizikusok, nem léteznének olyan nyelvészek, akik a generatív nyelvtan paradigmáját alkalmazzák kutatásaikban. Az eredeti, meghatározó elképzeléseknek, a világlátás alapstruktúráját alkotó elemeknek a radikális átalakulását a pszichológiában *konceptuális váltásoknak* nevezik, s a konstruktivista elmélet egyik legnagyobb, ma még nem kellően megnyugtatóan megoldott problémája, hogy miképpen is zajlik le a konceptuális váltás. Sok kutató mellett (33) Carey és Spelke is kifejtik álláspontjukat ebben a kérdésben. Elsősorban a tudomány történetében bekövetkezett konceptuális váltások elemzését tartják hasznosnak. Felvetik, hogy a konceptuális váltás bekövetkezhet a *meglévő alapelvek fogalomrendszerének fokozatos differenciálódásával*, miközben a „szülő-fogalmak” elvesznek, a háttérbe szorulnak, s valójában már egy egészen más alapelvrendszerrel van dolgunk, mint kiinduláskor. Fontos lehet a *tudásterületek közötti keresztterképezés*, vagyis az a folyamat, amelyben egy adott terület ismereteit egy másik terület alapelvrendszerének felhasználásával építjük ki. Ilyen például bizonyos természettudományos ismeretrendszerek matematikai modellezése (a matematikai tudásterület-specifikus rendszert használva ütköznénk), vagy például a nyelvi jelenségek megértéséhez használhatunk információelméleti fogalomrendszert stb. A keresztterképezéssel kialakulhat egy új perceptuális rendszer is, s ezzel a konceptuális váltás befejeződött, a továbbiakban az információk feldolgozása már az új, tudásterület-specifikus percepcióval és az új tudásterület-specifikus kognitív feldolgozó rendszerrel zajlik. Sok bizonyíték van arra, hogy a korábbi konceptuális rendszerek nem vesznek el teljesen, a váltás nem jelent egyben cserét is.

Mindezekkel azonban már a nagyon nehéz elméleti kérdések területére tévedtünk. Túl azon, hogy a téma kutatója számára rendkívül érdekes kérdésekről van szó, azt is látni kell, hogy a konceptuális váltások titkának megfejtése nagy jótétemény lehet a pedagógia – nemcsak az elmélet, hanem a pedagógiai gyakorlat – számára is. Amit az iskolában tanítás címén csinálunk, vagy amiről azt gondoljuk, hogy csináljuk, az nem más, mint konceptuális váltások generálásának sorozata. Egy-egy tantárgy, műveltségi terület teljes tantervi rendszerét fel lehetne építeni a konceptuális váltások hálójaként. Magunk is tettünk erre kísérletet egy 6–12 évesek számára készített, integrált Természetismeret tan-

A kognitív pszichológia még számos ponton nyújt kapaszkodókat a konstruktív tanulásszemlélet számára. Ezek közül csak kettőt emelek még ki, a tudásterület-specifikusság kérdését, továbbá a velünk születő képességek problémáját. Teszem ezt azért, mert úgy tűnik, ezek azok a kérdések, amelyekben a kognitív pszichológia alapvető pedagógiai kérdések megválaszolásához tud hozzájárulni, s az elmúlt néhány évben meghatározó empirikus eredmények születtek ezeken a területeken.

tárgy tantervének megformálása során. (34) A pedagógusnak elsősorban azt a folyamatot kell „menedzselnie”, amelyben a gyerekek világlátása egyre összetettebb, s a korábbiakhoz képest radikális változásokat jelentő elemekre épül. Ezért alapvetően fontos számunkra – gyakorlati szempontból is –, hogy sokkal jobban értsük a tudásterület-specifikus információfeldolgozás folyamatát, valamint a konceptuális váltások jelenségvilágát.

A másik probléma, amelyre a kognitív pszichológia és a konstruktív pedagógia közti kapcsolat elemzése során még ki kell térnünk, hogy vajon vannak-e velünk született képességeink, vagy minden kognitív funkciónk egy fejlődési folyamatban alakul ki. Ha nincsenek velünk született kognitív képességeink, akkor az egy erős érv a konstruktív tanulásszemlélettel szemben, hiszen akkor mégiscsak létezik a tanulásnak egy induktív-empirikus formája, mert a későbbi építkezéshez szükséges alapelemeket mégiscsak így sajátítjuk el a világgal való ismerkedésünk kezdetén. Ismeretes, hogy megintcsak Jean Piaget volt az, aki nagy meggyőző erővel érvelt az innátizmus, vagyis a velünk születő képességek elképzelése ellen, s híres e témában Noam Chomskyval folytatott vitája. (35) Chomsky a nyelvelsajátítással kapcsolatban fejtette ki elképzeléseit arról, hogy minden embergyerek már születésétől fogva rendelkezik a nyelv alapformáival, alapsémáival. Jerry Fodor általánosan fogalmazta meg ezt a felfogást, s kialakította azt az elképzelést, hogy az ember kész tudásterület-specifikus információfeldolgozó apparátusokkal jön a világra (az elme moduláris szerkezete). (36)

Az empirikus kutatások az elmúlt években rendkívül érdekes részleteket tisztáztak e kérdésben. Kiderült, hogy valóban megalapozottnak tűnik az a felfogás, hogy vannak olyan képességek, amelyek születésünkkel már eleve az agysejtek közötti struktúrába „huzalozottan” léteznek. Még olyan képességekkel kapcsolatban is sikerült ezt kimutatni, amelyekről – többek között Piaget vizsgálatai alapján – eddig azt hittük, hogy csak a csecsemő életének 7–9. hónapjában alakulnak ki. Ilyen a *tárgyállandóság*, amellyel kapcsolatban ma már tudjuk, hogy az újszülöttek rendelkeznek azzal a képességgel, hogy az elrejtett tárgyat a látást akadályozó dolog (pl. egy ernyő) mögé képzelik. (37) Ezek a vizsgálatok egészen más „technikát” használnak, mint amilyenrel Piaget kutatta az elrejtett tárgyakkal kapcsolatos viselkedést. Míg Piaget azzal regisztrálta az elrejtett tárgy belső reprezentációját, vagyis a tárgyállandóság meglétét, hogy vajon a csecsemő megkeresie-e a tárgyat, nyúl-e érte, addig az új vizsgálatok a csecsemő bizonyos jelenségekkel kapcsolatos meglepődését regisztrálták. A feltételezés szerint a csecsemő belső elképzeléseivel összhangban lévő eseményekkel, jelenségekkel szemben a szokatlanok, a vele született információfeldolgozó rendszer következtetéseivel, elvárásaival nem egyezők „csodálkozást” váltanak ki, a feldolgozás tovább tart, a csecsemő hosszabb ideig nézi az ilyen eseményeket. Ennek a *látási preferenciának* a pontos rögzítésével lehet kimutatni, hogy valamilyen elvárással rendelkezik-e már a csecsemő vagy sem. Nos, a tárgyállandósággal kapcsolatban a csecsemők hosszabb ideig nézik azt az eseménysort, amelyben egy tárgy egy ernyő mögé kerül, majd az ernyő elvétele után mégsem található ott, mint azt, amit mi, felnőttek is várunk, hogy az elhúzott ernyő mögött, annak rendje és módja szerint ott van a tárgy. Ez a technika rendkívül érdekes vizsgálatokat tett lehetővé. Ezek során sikerült kimutatni, hogy a környezetünkben lévő tárgyak *helyzetével, mozgásával* kapcsolatban egy olyan alap feldolgozó apparátussal jövünk a világra, amely képessé tesz bennünket arra, hogy a tárgyakat *egységesnek* gondoljuk (az egymással érintkező részekből álló tárgyakat), a mozgásukat térben és időben *folytonosnak* gondoljuk, s még egy primitív *okság* fogalommal is rendelkezünk (szimulált ütközéses jelenségek segítségével sikerült kimutatni ezt a velünk születő képességet). (38)

Az új kognitív pszichológiai kutatási eredmények tehát bizonyos értelemben megnyugtatók a konstruktív elmélet számára. Már születésünkkel adottak bizonyos tudásterület-specifikus információfeldolgozó struktúrák, amelyek egy primitív világgépet formálnak meg, vagyis eleve adott a kognitív struktúráknak egy olyan rendszere, amely ta-

laja a további fejlődésnek. Ebbe a struktúrába ágyazódhatnak be az új és új ismertek, illetve ez a struktúra fejlődik a konceptuális váltásokon keresztül. A folyamat rendkívül sok részletét nem ismerjük még, de a rendelkezésre álló részismeretek meglehetősen kompakt egységgé, az emberi megismerés fokozatosan egyre részletdúsabb paradigmájává állnak össze. A következő pontban éppen olyan példákat szeretnék említeni, amelyek mintegy illusztrációi ennek a folyamatnak is.

Néhány példa, amelyek talán sokakat meggyőzhetnek

Elsősorban a *gyermektudomány* – a gyermeki felfogások, a gyermeki elképzelések, régebben a gyermeki tévhitiek – kutatása nyújtotta talán a legtöbb példát az elmúlt húsz-huszonöt évben a konstruktív pedagógiai paradigma használhatóságára. Elsősorban a természettudományos nevelés területén, de más tudásterületeken is intenzív munka folyt ezeknek a sajátos képződményeknek és fejlődésük dinamikájának a feltárására. A kutatóknak mindig ugyanazt kellett megállapítaniuk:

1. a gyerekek egy-egy tudásterületen kialakult tudásrendszere jól körülhatárolható *alapelemek* által rendezett, belső elméletek, naiv teóriák által meghatározott;
2. ezek a naiv teóriák, vagyis a gyermektudomány elemei meglehetősen *stabil képződmények*, nehezen megváltoztathatók;
3. a gyermektudomány *funkciója* a környezet jelenségeivel kapcsolatos tapasztalatok szervezése, magyarázata, illetve a cselekvés irányítása;
4. a gyermektudomány elemei soha nem csak egyszerűen az új tapasztalatok hatására alakulnak át, hanem *egyéni, belső konstrukció eredményei*;
5. a gyermektudomány elemei nagyon sok esetben egyáltalán nem azonosak a tudomány által a megfelelő területen formált értelmezéssel, vagy azzal, amit a pedagógus elvár;
6. a gyermek ugyanazon jelenség értelmezésével kapcsolatban *többféle értelmezési keretet*, naiv teóriát is kiépíthet és használhat, a jelenségre vonatkozó észlelési adatok esetlegességeitől függően más és más feldolgozó apparátust, értelmezési keretet működtethet, s ez következtelenségnek, a gyermeki értelmi műveletek nem kellő fejlettségének tűnhet.

Valójában itt egy *gyermeki ontológia* körvonalazásáról van szó, s ma már – legalábbis a természetre vonatkozó tudásterületen – nemcsak bizonyos elemeit ismerjük ennek az ontológiának, hanem már kapcsolódásokat is látunk, vagyis ennek az ontológiának mint *rendszernek* a megismerése is kialakulóban van. A felfedezések néha meglepők, s bizony a pedagógiai gyakorlat számára nem mindig szívderítőek. Sokszor kiderül, hogy az iskolában elsajátított tananyagot csak formálisan, „pedagógiai szituációkban való reprodukálás” céljaira hordozzák a gyerekek. Felnőttekről derül ki, hogy nemcsak az igaz, hogy számos megtanult tényt, fogalmat, összefüggést felejtettek el iskolai tanulásuk óta, hanem még gondolkodási rendszerükben, naiv teóriáik természetét tekintve is „visszaestek egy korábbi állapotba”. Mi sem természetesebb, hogy a pedagógiának nagyon alaposan meg kell ismernie ezt a világot, s az így szerzett ismereteket fel kell használnia arra, hogy az iskolai tanításban minél mélyebben elsajátított, minél inkább a tényleges világlátás elemeiként, sőt rendszereként működő tudást alakítson ki.

Humán területeken dolgozó olvasóimtól elnézést kell kérnem, hogy az itt következő példák a természettudományok köréből valók, s csak ennek a résznek a legvégén villantok fel – egyáltalán nem részletezve – néhány lehetőséget a nem természettudományi területekről. Ennek két oka van: az egyik – már említett – ok az, hogy a reáliák terén előrehaladottabbak a kutatások. A másik ok személyes: saját eredeti végzettségem a természettudományi nevelés pedagógiája felé sodort, vagyis itt érzem magam nagyobb biztonságban. A példák azonban nem igényelnek komolyabb természettudományos ismereteket, s magam is igyekszem mindenki számára érthetően fogalmazni.

Hogyan alakul ki a gyerekekben a Föld gömbölyű voltának képe?

Egyikünk sem úgy született, hogy tudta volna: a Föld egy gömbölyű bolygó a világűrben, s a felszínén leejtett tárgyak a középpontja felé esnek. Vajon hogyan tanuljuk meg, hogy ez így van? A gyermektudomány vizsgálatának egyik legkorábbi témájáról van szó; talán a legtöbb ismerettel – a gyermeki mozgásfelfogás mellett – ezzel kapcsolatban rendelkezünk. A gyermeki kozmológiát már Piaget is vizsgálta, (39) a kutatások azonban a huszadik század hetvenes éveiben gyorsultak fel. (40) E vizsgálatok bámulatos módon egybecsengő eredménnyel jártak, végezheték azokat Nepálban, Izraelben, az Amerikai Egyesült Államokban, Brazíliában, Olaszországban vagy Belgiumban, minden esetben szinte megdöbbentő módon ugyanazokat a képeket találták a gyerekek körében. Jól kimutatható, hogy a Föld alakjára és kozmológiai helyzetére vonatkozóan a gyerekek által hordozott képek egymástól jól elkülöníthetők, keletkezésük nem magyarázható megfigyelések induktív általánosításaként, önálló konstrukciók. De nézzük a részleteket!

Kezdetben igen nagy valószínűséggel mindannyian a *Föld lapos képét* hordozzuk magunkban. Ez a kép valószínűleg „keresztterképezéssel” alakulhat ki, a gyermek napi környezetének sík volta a mintája a Föld alakjáról kialakított első képnek. Sokféle variáció elképzelhető a lapos Föld képen belül, lehet világűrben lebegő korong, lehet a világ „egyik felét” kitöltő „félter”, lehet végtelen sík lap, lehet az Óperenciás tengerben úszó hatalmas sziget. A fontos az, hogy azokat a közvetlen tapasztalatokat, amelyeket a kisgyermek szerez, könnyen feldolgozhatóvá teszi ez a kép, megfelelő magyarázatul szolgál. Az emberiség történetében szinte a mai napig óriási tömegek voltak, akiknek gondolkodása felnőtt korukra sem jutott túl ezen a szinten. Saját világukban, saját gyakorlati igényeik szempontjából ez a világlátás megfelelő volt, még ha lehetett is hallani, hogy a Föld valójában egy golyóbis, nem volt szükségük ennek a képnek az elfogadására. Ma azonban a gyermekeink olyan világban élnek, amelyben nem tarthatják fenn sokáig konfliktus nélkül a lapos Föld képét. A gyermek hallja a felnőttektől, társaitól, hogy a Föld gömbölyű. Sci-fi filmet néz, amelyen a Föld bolygót valóban gömbként ábrázolják. Úgyanezt látja képregényben is. Iskolai földgömb kavarja össze gondolkodását, s jelent kihívást a birtokolt elképzeléssel kapcsolatban. Az empirikus tanulásfelfogások hívei azt mondanák, hogy ezek a tapasztalatok beláttatják a gyermekkel a Föld gömbölyű voltát, s innentől már ezt a tudományos képet kell birtokolnia. A cselekvés pedagógiájának hívei legfeljebb még hozzátennék: vegye a kezébe a gyerek a földgömböt simítsa végig a kezével, keresse meg rajta Magyarországot, játssza el a gyermekcsoport Amerika felfedezését stb. Az empirikus vizsgálatok azonban azt bizonyítják, hogy a folyamat a legtöbb gyermek esetében ennél sokkal bonyolultabb. A gyerekek döntő többsége tudniillik nem fogadja el olyan gyorsan az új képet, egy vagy több „közbülső állomásra”, egy vagy több konceptuális váltásra van szüksége ahhoz, hogy végül eljusson a tudományos képhez.

Ezen az úton az egyik lehetséges állomás a *Föld megkettőzése*. Nem elhanyagolható arányban tapasztalták a kutatók minden kultúrában, hogy néhány gyermek – iskolások között is vannak ilyenek – elképzel egy gömbölyű bolygót, amely a világűrben van, amelyen nem élnek emberek, de amelyre el lehet menni űrhajóval. Ez a kép az információk feldolgozhatósága érdekében alakul ki, amely megtartja az előző lényegi vonását, a lapos földképet, de egyben befogadhatóvá teszi az információkat azzal, hogy a gömbölyűséget egy másik bolygóra testálja. A kép persze ellentmondásos – miért kell két Földnek lennie? – ám időlegesen megoldja a belső felfogás és a kívülről záporozó információk ellentétének problémáját. Nyomatékosan felhívom a figyelmet arra, hogy ez a kép jelentős mértékben különbözik az előzőtől, vagyis konceptuális váltásnak kellett bekövetkeznie hozzá, s talán még fontosabb a következő megjegyzés: világos, hogy ezt a képet senki sem tanította a gyerekeknek, s nem is tapasztalhatta, hogy két Föld van. A kialakult elképzelés konstrukció eredménye (vagy hogy pontosabbak legyünk: a konstruktív tanulás-szemlélet jól magyarázza a létét).

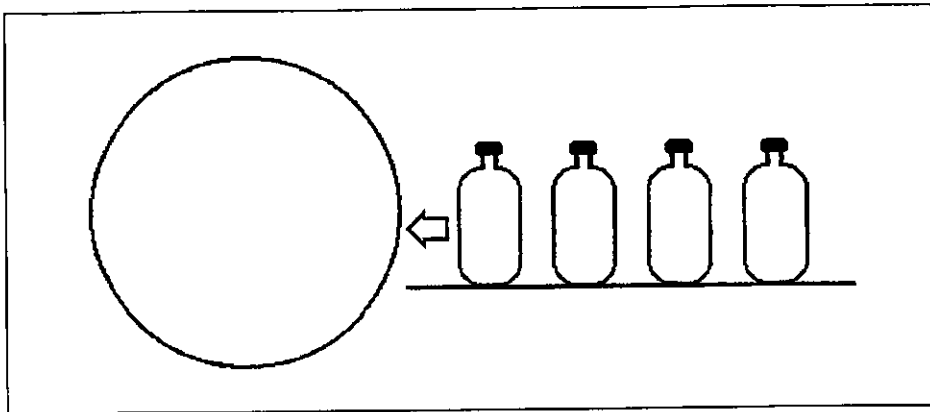
Meglepő lehet talán a következő földkép is. Ebben a gyerekek a Földet azonosítják a ránk boruló éggel, vagy a Világmindenséggel, amelyet gömbszerűnek képzelhetünk el. Az emberek egy lapos valamin élnek, a felszínen, de ez nem a Föld. Az ezt a felfogást birtokló gyerekek arra a kérdésre, hogy milyen irányba esnek a kövek a földre, nem tudnak válaszolni, mert nem értik, mit jelent az, hogy a kövek a földRE esnek, hiszen szelintük a kövek a FöldBEN esnek. Íme, még egy kép, amelyet nem alakíthattak ki a gyerekek sem a felnőttek magyarázatai alapján, sem a tapasztalataikra támaszkodva.

A következő földkép valószínűleg mindannyiunk sajátja fejlődésünk egy adott szakaszában. Itt a gyermek már gömbölyűnek gondolja a Földet, egy golyóbisnak, amelynek a felszínén élnek az emberek, de csak a „tetején”. Mármint a rajzoló „külső világához” viszonyítva a tetején, a rajz felső részén – ha rajzok segítségével diagnosztizáljuk a Föld alakjáról alkotott elképzelést. A Föld másik oldalán nincs semmi – ezen elképzelés szerint –, csak sziklák, mert innen minden leesik. Ebben a képben a gravitáció iránya még nem a Föld középpontja felé mutat, hanem létezik egy univerzális, abszolút függőleges irány, amely teljesen független a Föld bolygótól. Az ezt a képet birtokló gyerekek számára értelmezhetetlen az az információ, hogy például az ausztrálok hozzáink bizonyítva a Föld másik oldalán élnek. Szerintük ugyanis nem élhetnek ott, hiszen leesnének. Ha az e képet birtokló gyerekeket arra kérjük, hogy rajzoljanak embereket, házakat, fákat, virágokat a Földre, akkor annak csak a rajz szerinti felső részére rajzolnak.

A tudományos földkép most már „közel van”, azonban van még egy közbülső állomás, amely már a Föld középpontja kiemelt szerepének némi érvényesülését mutatja, de még mindig nem beszélhetünk a tudományosnak megfelelő földképről. Ha olyan rajzot teszünk a gyerekek elé, amelyen van egy „vízszintes” elhelyezkedő, a Föld középpontjáig vezető alagút, s van egy „ferde”, ettől lefelé hajló másik (2. ábra), s arra kérjük őket, rajzolják be, hogy a közös nyílásnál elengedett kő merre esik, akkor egyes esetekben a „ferde” alagutat választják.

Végül a legtöbb gyerek nagyjából 14 éves koráig elég stabil módon képes megkonstruálni a tudományos ismerteinknek megfelelő földképet, még ha igaz is, hogy nehezebb problémák megoldása során még visszatérhetnek korábbi elképzelések. Magunk is vizsgáltuk 7. és 8. osztályos gyerekek földképét (a vizsgálat nem alapult reprezentatív mintán, „csak” azt a célt szolgálta, hogy itthoni körülmények között is regisztráljuk a földképeket, illetve kipróbáljuk a diagnosztizálás feladatait), s azt tapasztaltuk, hogy 13–15 éves gyerekek is régebbi, valószínűleg általuk már meghaladott képet használnak egy-egy nehezebb kérdés megválaszolása során.

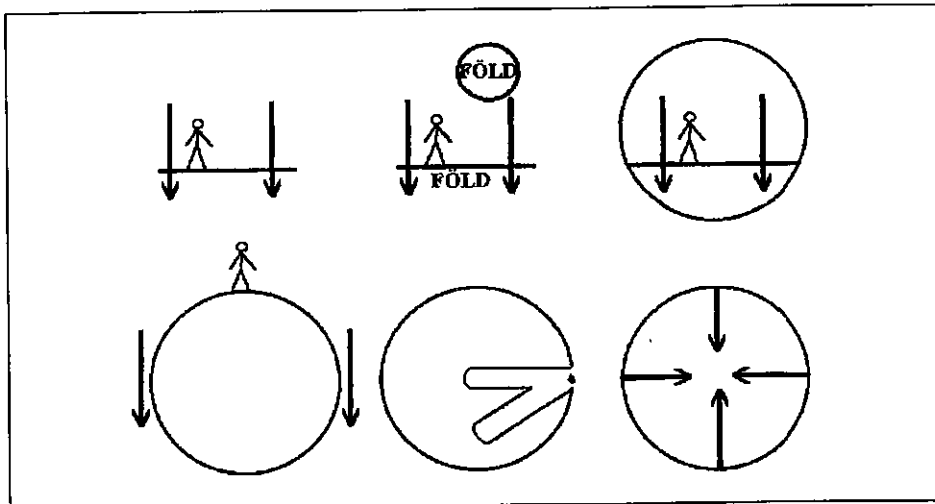
Kezdetben igen nagy valószínűséggel mindannyian a Föld lapos képét hordozzuk magunkban. Ez a kép valószínűleg „keresztterképezéssel” alakulhat ki, a gyermek napi környezetének sík volta a mintája a Föld alakjáról kialakított első képnek. Sokféle variáció elképzelhető a lapos Föld képén belül, lehet világűrben lebegő korong, lehet a világ „egyik felét” kitöltő „föltér”, lehet végtelen sík lap, lehet az Óperenciás tengerben úszó hatalmas sziget. A fontos az, hogy azokat a közvetlen tapasztalatokat, amelyeket a kisgyermek szerez, könnyen feldolgozhatóvá teszi ez a kép, megfelelő magyarázatul szolgál. Az emberiség történetében szinte a mai napig óriási tömegek voltak, akiknek gondolkodása felnőtt korukra sem jutott túl ezen a szinten.



1. ábra

A feladat szerint (1. ábra) a Földet ábrázoló körön az „északi sarkra”, a „déli sarkra”, a „szélső nyugati” és a „szélső keleti” pontra kellett egy-egy flaskát helyezni, képzeletben félig megtölteni tintával, és satírozással jelezni a tinta helyzetét. A feladatot a 13–15 évesek közül a többség nem tudta tökéletesen megoldani, de természettudományi végzettségű tanárok, illetve természettudományok iránt érdeklődő tanítók és óvodapedagógusok körében is érdekes eredményeket kaptunk, hiszen ezzel a feladattal 43 kolléga közül 23 boldogult csak, a többiek vagy nem válaszoltak, vagy valamilyen szempontból hibás rajzot készítettek.

Foglaljuk össze egy sematikus ábrában, hogy milyen főbb állomásai vannak a gyerekek Földről alkotott elképzelései fejlődésének. (Csak főbb állomásokról beszélhetünk, mert a részletesebb elemzés további altípusokat mutathat ki. Saját vizsgálatunkban találtunk egy olyat is, amelynek leírása egyik publikációban sem szerepelt, azonban a kérdést még több oldalról szeretnénk körüljárni.)



2. ábra

Milyen tanulság vonható le a földkép alakulásából? Lényegében az, hogy a folyamat jól magyarázható a konstruktív tanulásfelfogás tételei segítségével. Ez nem jelenti azt,

hogyan alakulása bizonyítja a konstruktív szemlélet helyességét. Erre a konstruktív szemlélet egyébként sem „tart igényt”, de az fontos, hogy ebben az esetben adaptív ismeretnek bizonyult.

Gyermekek elképzelése a mozgásról

A földkép mellett a gyerekeknek a mozgásokkal kapcsolatos elképzelései kapták talán a legtöbb figyelmet a vizsgálódások során. (41) Azért is izgalmas kérdés ez, mert a testek mozgására vonatkozó elképzeléseink valószínűleg egész világlátásunkat befolyásoló mozzanatok, nemcsak a fizikai vagy általánosabb természettudományos ismeretrendszerünk alakulásában játszanak fontos szerepet, hanem akár a lélektani és társadalmi jelenségek magyarázatával is kapcsolatban lehetnek, ahogyan a tudomány történetében is mindig érdekes szerepet játszottak a mechanikus elképzelések. *Newton* elmélete messze túlnőtt határain, a mechanisztikus világkép emberi történések, társadalmi folyamatok magyarázatában betöltött szerepéről sok pszichológus és társadalomtudós alkotott nem éppen egyetértő véleményt, de ettől ezek az elképzelések még léteztek.

A mozgással kapcsolatos gyermeki felfogásmód alapvetően eltér a tudomány álláspontjától, nevezetesen a *Newton* által megalkotott elmélettől. A gyerekek – de a felnőttek is többségükben – ugyanis abban hisznek, hogy a mozgó tárgyak megállnak, ha valamilyen mozgató hatás, valamilyen erő nem tartja fenn a mozgásukat. Ezzel szemben a newtoni mozgásfelfogásban a magukra hagyott testek megőrzik mozgásállapotukat, egyenes vonalú egyenletes mozgásukat (más, magukra hagyott testekből alkotott koordináta-rendszerekben, de most ne menjünk bele a részletekbe). A kisgyerek arra a kérdésre, hogy miért áll meg a szőnyegen az elgurított labda, általában ilyen válaszokat ad: mert elfogy a mozgása, elfogy az ereje. Okot azonban nem lát mögé, legalábbis valamely más test hatását, számára természetes, spontán módon bekövetkező folyamat a labda megállása.

A gyermeki mozgásképp másik jellemzője, hogy a gyerekek a mozgás gyorsaságát annál nagyobbak gondolják, minél erősebb a testre irányuló mozgató hatás, minél nagyobb erő hat a testre. A test sebességének változása „lökéseknek” köszönhető ebben a képben, de ha nincs lökés, csak egy állandó hatás, akkor a test állandó sebességgel mozog. Ezért van az, hogy az emberek nagy többséges szentül meg van győződve arról, hogy a nehezebb test hamarabb esik le ugyanolyan magasról elengedve, mint a könnyebb test. A nehezebb testre nagyobb erő hat, a nagyobb erő nagyobb sebességet eredményez – ebben a felfogásban –, vagyis a nehezebb test hamarabb ér le (ismét egy példa elméműködéseink deduktív jellegére). Ezzel szemben a newtoni szemléletben a nehézségi gyorsulás minden testre ugyanakkora (ennek nagyon mély fizikai okai vannak), ezért a különböző tömegű testek egyszerre esnek le a földre.

Az itt vázolt gyermeki mozgásképp igen jól ismert a fizikusok számára, hiszen az *arisztotelészi fizikában* pontosan ugyanezek az elvek fogalmazódnak meg. A rendszeres fizika-tanulás előtt tehát gyermekeink egy arisztotelészi képet hordoznak magukban. A többség esetében ez nem is változik meg a későbbiekben sem, a mozgásokkal, pontosabban a hétköznapi, reális folyamatokkal kapcsolatos információfeldolgozás mindig ezen alapszik. Ez nem teszi lehetővé, hogy időlegesen, a fizikaórákon előkerülő, minden életszagtól megfosztott álproblémák esetén alkalmazzon a gyerek egy newtoni elemzési és problémamegoldási módot. Sok iskolában tehát *kétféle feldolgozó apparátus* létezik, egy arisztotelészi a mozgások valóságos előrejelzésére, hétköznapi használatra, s egy newtoni a pedagógiai szituációkban (felelés, dolgozatírás, IEA-felmérés) történő alkalmazásra. Hogy ez mennyire így van, azt drámai módon mutatta a korábban már említett, 43 pedagógus körében végzett vizsgálat. Azt kérdeztünk a kollégáktól, hogy egy, az ágyúcsövet a vízszintessel 45 fokos szögben elhagyó ágyúgolyóra a pályája felszálló ágában egy pontban, a tőpontban és a leszálló ág egy pontjában milyen irányú eredő erő hat, ha a levegő közegellenállástól eltekintünk. A 43-ból 7 esetben volt csak hibátlan a válasz (mindhárom eset-

ben „függőlegesen lefelé” ható, egyetlen erő), nyolcan egyáltalán nem oldották meg a feladatot, 28-an pedig elkövettek legalább egyféle hibát. A leggyakoribb hiba az volt (25-en követték el), hogy berajzoltak mozgásirányú vagy ilyen összetevővel is rendelkező erőt az ábrába. A kis tesztet követő megbeszélés során többen felvetették, hogy igenis kell lennie mozgásirányú erőnek, hiszen „arra megy a test, kell, hogy valami hajtsa”.

Az anyagszerkezet gyermeki felfogása

Az anyagszerkezetre vonatkozó ismeretek és belső elméletek is nagy figyelmet kaptak a kutatások során. Elsősorban a gázokról kialakítandó, tudományosan hiteles kép, a részecskeszemlélet formálódása, majd később a molekula- és atomszerkezet megértése jelent komoly kihívást a gyerekek számára. Az eredeti gyermeki szemléletben a levegő azonos a „semmivel”, a gáz nem más, mint a fűtéshez, világításhoz vagy főzéshez használt „gáz”, s az anyagok, legyenek szilárd, cseppfolyós vagy légnemű halmazállapotban, folytonosan kitöltik a teret. Ez az az alapállapot, amellyel az iskolai természettudományos nevelésben számolnunk kell, ez az a pont, ahonnan mintegy tíz-tizenkét év alatt el kell juttatni a gyerekeket oda, hogy az anyagot sokféle formában megjelenő, szerkezettel bíró, jelentős átalakulásokra képes valamiként értelmezzék. Ez a folyamat több konceptuális váltást is igényel.

Kisiskolás korban alakul ki a levegőnek speciális anyagként való felfogása. Bár a levegő szó már egészen kicsi korban része a gyermek szótárának, sok esetben azonban ez nem egy anyagfajtának a neve, hanem lényegében a „semmi” szinonimája. A levegő anyagként való kezelése azonban viszonylag hamar kialakul, 11–12 évesek már így használják a fogalmat. (42) Piaget kísérleteiből azonban tudjuk, hogy ez az anyagként való kezelés is érdekes, sajátosan gyermeki színezetet ölt, amikor a gyerekek az álmot, a gondolkodás, a memória leírásával kapcsolatban használják a szót. (43) A 11–12 évesek már jó választ adnak arra a kérdésre, hogy mi van az „üres” tartályban; előfordul azonban, hogy nehezebb kérdésre már több a hibás válasz, így például a felfújott kerékpárgumiban a gyerekek döntő többsége szerint levegő van, de a leeresztett gumiban (ami csak „lapos”, de nem került ki belőle minden levegő) szerintük nincs semmi. (44)

A szél létezése is megerősíti a gyerekekben a levegő anyagként való elképzelését, azonban egy érdekes tévképzetnek is oka egyben. Még 12 éves korban is akadnak olyan gyerekek, akik a szelet élőnek tekintik. Ennek az az oka, hogy az *önmozgással rendelkező testek, anyagok* a gyermek számára az élők; valószínűleg velünk születő felfogásról, az élő dolgokkal kapcsolatos információ-feldolgozó rendszer sajátosságáról van szó. (45) Magunk is tapasztaltuk a levegőnek élőként való kezelését még 12 éves gyerekekénél is, igaz, nem nagy arányban. Mindezek miatt, tehát azért, mert a gyerekek a levegőt a semmivel azonosíthatják, illetve mert élőként értelmezhetik, a levegőről alkotott fogalmuk helyes kialakítása egyáltalán nem könnyű feladat.

A gázokkal kapcsolatos ismeretrendszer fejlődésében alapvető szerepet játszik, hogy a gyermek mikor kezd mértékeket rendelni a gázokhoz. Kisebb gyerekek a gázokat – ha anyagnak gondolják is azokat – súlytalannak képzelik. E tévképzet megszüntetése szempontjából alapvető jelentősége van annak, hogy a gyerek lássa, hogy a gázok felfoghatók, palackokba zárhatók, érzékeny eszközökkel a tömegük is mérhető. A anyagmennyiség azonban a gyermekben egy darabig a térfogattal asszociált fogalom. Egy tanítási modul előtt bemutattak a gyerekeknek egy fecskendő, amelynek dugattyúja kihúzott állapotban volt. A fecskendő nyílását befogva, jól látható mértékben benyomták a dugattyút, s megkérdezték a gyerekeket, hogy most több, kevesebb vagy ugyanannyi levegő van-e a fecskendőben. A 11 évesek fele azt válaszolta, hogy kevesebb most a levegő. (46) Ez csak egy példa arra a sok területen tapasztalható jelenségre, hogy *differenciálatlan fogalom-együttesekkel* kell számolnunk a gyerekek kognitív struktúráiban. Ilyen differenciálatlan fogalomegyüttes a tömeg, sűrűség, térfogat, hossz, súly, de valószínűleg ilyen az erő, se-

besség, lendület, mozgás fogalomegyüttes is. Az egyik esetben az anyag mennyiségéhez, a másik esetben a mozgás mennyiségéhez hozzárendelt, differenciálatlan fogalomegyüttesről van szó. A gyerekek a mennyiséget fejlődésük egy szakaszában a térfogattal, a nagysággal azonosítják, illetve előfordulhat, hogy az anyagmennyiséggel kapcsolatos előrejelzésük, gondolkodásuk, döntéseik több csatornán is futhatnak, bizonyos esetekben – például szilárd anyagok anyagmennyiségeinek összehasonlításakor – a súly játszhat szerepet, más esetekben a térfogat (csak látott, de kézbe nem vehető tárgyak esetén), s még az is előfordulhat, hogy egyszerűen valamilyen hossz méret az összehasonlítás alapja (pl. a híres Piaget-kísérletben, amelyben ugyanannyi vizet különböző alapterületű poharakba öntünk).

Rendkívül érdekes az az ugyancsak Séré által leírt tévképzet, hogy a gyerekek 1/3-a az anyagszerkezeti ismeretek tanítása előtt úgy képzelte, hogy a levegőt nem lehet melegíteni, 2/3-uk pedig a gázokat általában nem tartotta melegíthetőnek. Ugyancsak Séré tanulmányából tájékozódhatunk arról, hogy miközben a tanítás előtt a gyerekek 2/3-a tudja, hogy a melegített levegőnek ugyanakkora a tömege, mint a nem melegítettnek, a tanítás után a gyerekeknek több mint a fele szerint megváltozik a levegő tömege; egy részük szerint kisebb lesz, mert a melegítés hatására a levegő kitér, mások szerint viszont nagyobb lesz, mert megnő a levegő nyomása, illetve – egy másik érvelés szerint –: a táguálás során levegő termelődik. Világos példa ez arra, hogy a nem kellőképpen birtokolt tudás (a gázok is tömeggel rendelkeznek) új ismeretek megszerzésekor, az értelmezés sajátos, belső, egyéni folyamatai következtében, a tanító akarata ellenére is tévképzetekhez vezethet.

Minden fizikatanár jól ismeri azt a tévképzetet, amely a vákuumnak szívóhatást tulajdonít. A pipettában eszerint a vizet nem a vízben uralkodó és minden irányban azonosan ható hidrosztatikai nyomás a változatlanul tovaterjedő légnyomással megnövelve és a pipetta felső szárában uralkodó nyomással lecsökkentve hajtja fel sok gyerek szerint, hanem a vákuum szívja fel. Ha már megtanulták, hogy semmiféle szívásról nem lehet szó, akkor sem feltétlenül a nyomások közti különbséggel magyarázzák a gyerekek a jelenséget, hanem csak az egyik nyomással.

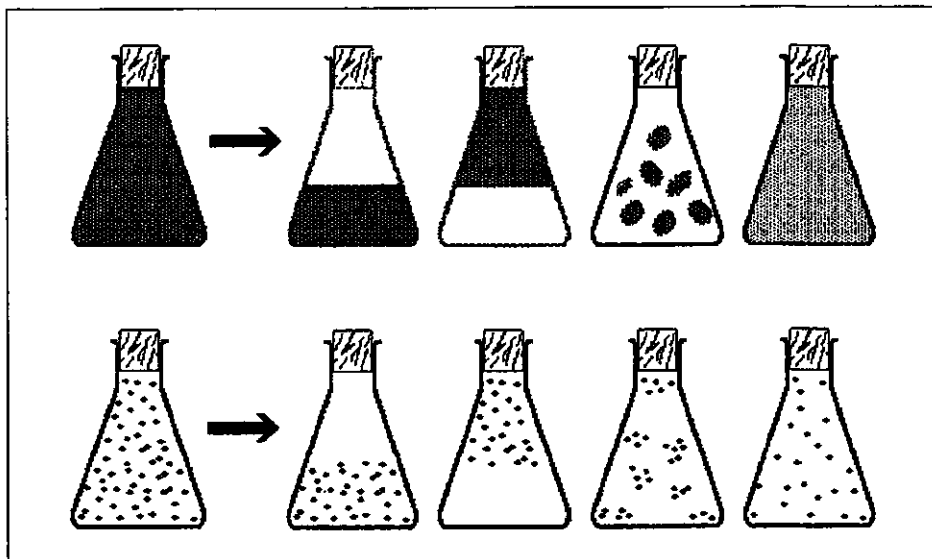
Az anyagfogalom alakulásának egyik legfontosabb mozzanata a *részecskeszemlélet* formálódása. Ez az egyik „legkeményebb” konceptuális váltás gyermekkorban (elfogadni, hogy az anyag nem folytonos, hanem szemcsézett, részekből áll, szerkezete van), ugyanakkor egy sor további kognitív fejlődésnek az alapja is egyben. A gázokról alkotott elképzelés, a nyomás értelmezése, az anyagmegmaradás elvének megértése, a hő, belső energia, hőmérséklet fogalmak világos elkülönítése múlik például azon, hogy mennyire jól sikerül kialakítani a gyerekekben a részecskeszemléletet. Nem véletlen tehát, hogy ma már minden valamirevaló elemi szintű természettudományos oktatási program tartalmaz olyan egységet, amelynek tanulása során a gyerekek a részecskeszemlélettel ismerkednek meg.

A részecskeszemlélet alakulásával kapcsolatban Joseph Nussbaum végzett alapvető kutatásokat. (47) A részecskeszemlélet alakulása elsősorban a következő tények fokozatos elfogadását jelenti a gyermeki szemléletben:

1. a gázok részecskékből állnak;
2. a gázok részecskéi egyformán oszlanak szét bármilyen zárt térben;
3. a részecskék között üres tér van;
4. a gáz részecskéi mozognak, ehhez a mozgáshoz nem szükséges valamifajta külső forrás;
5. két gáz keveredésekor különböző részecskékből álló gáz jön létre.

A Novick és Nussbaum által leírt, izraeli gyerekek körében végzett vizsgálatban különböző, gyakorlati szituációkra épülő, a meglévő anyagfelfogás, szerkezeti elképzelés mozgósítását igénylő feladatokat oldattak meg a kutatók. (48) Egy frakcionáló lombik száját lezárták, kivezető csövén keresztül pedig a lombikban lévő gáznak kb. a felét kiszívták. Előbb minden segítség nélkül kellett a gyerekeknek rajzban szemléltetniük a mű-

velet előtti és a gáz kiszívását követő helyzetet, majd különböző ábrákat mutattak nekik, amelyeken a gáz folyamat előtti és utáni képe volt látható, feltételezve, hogy látjuk magát a gázt. A rajzok felében folytonosnak ábrázolták a gázt, másik felében részecske természetűnek (folytonos sátirozás, illetve pontokkal való ábrázolás). Variálták tovább a válaszadási lehetőségeket aszerint, hogy a maradék gáz alul, fölül vagy szétoszolva helyezkedik-e el, valamint aszerint, hogy létrejönnek-e bizonyos „csomósodások” vagy sem. A következő nyolc változatot mutatták a gyerekeknek:



3. ábra (49)

Az eredmények azt mutatták, hogy a 14 éves gyerekek 64%-a már a rajzok megmutatása előtt is olyan saját rajzot készített, amelyben részecskék szerepeltek, s a rajzok megmutatásakor 78%-uk választott részecskéket mutató ábrát. Viszonylag kevesen voltak – a részecskéket feltételezők közül csak minden hatodik gyerek –, akik nem egyenesnek gondolták a kitöltést. Ezek talán viszonylag jó eredményeknek tekinthetők (persze, nem határozható meg eleve, hogy milyen arány a „jó”). Nem ilyen kedvező a kép a részecskék közötti térre vonatkozó kérdésre adott válaszokban. A részecskéket feltételezőknek nem egészen a fele állította határozottnak, hogy nincs semmi a részecskék között. Sokan úgy vélekedtek, hogy levegő, szennyezés, baktériumok, vírusok, ismeretlen gőzök találhatóak a részecskék között, illetve volt, aki szerint nincs hely a részecskék közt. Saját vizsgálatunk is ezt az eredményt adta, de annak megfelelően, hogy mi 12 éveseket vizsgáltunk, az eredményben még kevesebb, 91-ből csak 12 a jó válasz (jó alatt most a „semmi”-re, az „űr”-re való hivatkozást értve). Húszan levegőt képzeltek a részecskék közé, 23-an valamilyen más szervetlen anyagot, 10-en valamilyen élőlényeket. Húszonhat válasz nem volt értékelhető, látszott, hogy ezeknél a gyerekeknél a kérdés megértése is nehézséget okozott. Tudni kell, hogy a szóban forgó gyerekek már ekkor megismerkedtek (éppen a vizsgálat tanévében) az anyag részecskeszemléletével. (A vizsgálat a korábban említetthez hasonlóan csak a kérdés „körüljárását” szolgálta, nem reprezentatív mintán alapult.)

Nussbaum és Novick vizsgálatában csak a gyerekek fele gondolta úgy, hogy a részecskék „saját mozgással” rendelkeznek, azonban közülük is viszonylag sokan nem tudják, hogy ennek a mozgásnak az eredménye a rendelkezésre álló tér kitöltése (pontosabban „beröpködése”). Vannak animisztikus megfontolások – a részecskék fel akarnak emelkedni –, van hivatkozás a részecskék kicsi súlyára, s van olyan furcsa meggondolás is, hogy a levegő felszáll a gravitáció miatt.

A levegő és a gravitáció sajátos – gyermeki megfontolásokon alapuló – megjelenése több más esetben is megfigyelhető. Különös, de mégis igaz, hogy a gyerekek egészen pontosan reprodukálják Arisztotelész képét a levegő és a gravitáció kapcsolatáról, anélkül, hogy valaha hallottak volna a nagy görög gondolkodóról. Fizika egyetemi felvételin hallhatták a felvételizető tanárok, hogy a zárt tartályban elhelyezett, félig felfújtt léggömb felemelkedik, ha a tartályból kiszívják a levegőt. (50) Mintha a levegő a könnyű dolgokat lent tartaná, mert egyébként a könnyű dolgoknak az a „természetük”, hogy felfelé törekszenek, míg a nehezek mozgásának „természetes” iránya a lefelé. A jelenségről olvasva kissé hihetetlennek tartottuk ezt, ezért a 12 évesekkel folytatott vizsgálatunkban erre is rákérdeztük. A Gunstone által is említett „tartályos-lufis” gondolat kísérlettel kapcsolatban kértük a gyerekek előrejelzését, s azt tapasztaltuk, hogy a gyerekek több mint egyharmada (91-ből 32) azt várja, hogy a levegő kiszívattatása következtében a lufi fölemelkedik. Több egyéni, tanári beszámolóból is ismert az a gyermeki vélekedés, hogy a Holdon azért könnyebbek a testek, mert nincs levegő. A gyermeki értelmezések működése furcsa helyzeteket is teremthet: a konstruktivizmus szemléletével tökéletesen magyarázható ennek a tévképzetnek az erősödése is, hiszen mondjuk a lufi lentmaradásában szerepet játszhat – egyfajta hibás megfontolás szerint – a levegőrészecskék állandó, felülről való ütközése. A tanítás néha, akaratlanul, de nem véletlenül tévképzetek erősítője vagy akár újjak létrehozója is lehet.

Térjünk még vissza az anyagmegmaradás kérdéséhez! Rosalind Driver, a konstruktivista tanulásszemlélet természettudományos nevelésre való alkalmazásának egyik vezető kutatója, a munkatársaival szerkesztett tanulmánykötetben egy külön fejezetet szentelt ennek a témának. (51) Mintegy ezer 12–13 éves skót gyerekekkel vizsgálták a részecskeszemléletet. Azt nézték, hogy a Scottish Integrated Science Scheme-ben – egy skót természettudományos oktatási programban – milyen szintet értek el a tanítás során. A gyerekek szinte mindannyian jó ábrákat rajzoltak, amikor a részecskéket kellett szemléltetniük a szilárd, folyadék és gáz halmazállapotban. A gyerekek fele ugyanakkor a folyadék, majd a gáz részecskéit egyre nagyobbra rajzolta, s az interjúk során kiderült, hogy ez nem csak rajzolási probléma volt. Ugyanezt találták angol 15 évesek vizsgálatában is. Háromszáz tanuló írásos munkáját és kisebb számban interjúk szövegét elemezték a kutatók. azzal a kérdéssel kapcsolatban, hogy mi történik a jégben lévő molekulákkal -10°C -ról $+1^{\circ}\text{C}$ -ra való melegítéskor, sok tanuló használt makroszkopikus megfontolásokat a részecskékre (pl. melegednek, megolvadnak, megnőnek).

Már Piaget is kutatta az *oldódással* kapcsolatos gyermeki elképzeléseket. A gyerekek kb. 10 éves korukig úgy gondolják, hogy a cukor vízben való oldódása után a súly és a térfogat nem nő meg. A tíz évesnél idősebbek általában már helyesen válaszolnak. Egy vizsgálatban az új-zélandi tanulók 25%-a az oldódásra az olvadás szót használta. Egyes gyerekek válaszaiból az érezhető ki, hogy a széteső kristályú cukrot már nem tekintik cukornak. Megint mások azt mondják, hogy a cukor már nincs ott, de a víz ízét megváltoztatta. Tizenhárom

Már Piaget is kutatta az oldódással kapcsolatos gyermeki elképzeléseket. A gyerekek kb. 10 éves korukig úgy gondolják, hogy a cukor vízben való oldódása után a súly és a térfogat nem nő meg. A tíz évesnél idősebbek általában már helyesen válaszolnak. Egy vizsgálatban az új-zélandi tanulók 25%-a az oldódásra az olvadás szót használta. Egyes gyerekek válaszaiból az érezhető ki, hogy a széteső kristályú cukrot már nem tekintik cukornak. Megint mások azt mondják, hogy a cukor már nincs ott, de a víz ízét megváltoztatta. Tizenhárom éves kortól már részecskeszemléleten alapuló magyarázatokat is hallani lehet.

éves kortól már részecskeszemléleten alapuló magyarázatokat is hallani lehet. Kilenc-tizen-négy éves angol gyerekek esetében minden évfolyam kétharmada kisebbnek gondolja az oldat tömegét a víz és a cukor tömegének összegénél. Angol és svéd 15 éveseket arról kérdezték, hogy 1000 g vízben 200 g cukrot feloldva mennyi lesz az oldat tömege. A gyerekek mintegy fele kevesebbnek gondolta, mint 1200 g. Okokként a következők szerepeltek:

1. eltűnik az oldás során a cukor;
2. a tömeg és a térfogat azonosítása, s a vízszint alakulásából a következtetés levonása, itt még molekulákkal való magyarázat is előfordul, a cukormolekulák beférkőznek a vízmolekulák közé, az össztérfogat (s ebből következően a tömeg?) nem változik;
3. a cukor ott van, de könnyebb, mert szétesett a cukorkristály, illetve a folyadék kevésbé súlyos, mint a szilárd anyag.

Néhány 13–14 éves tanulót megkérdezve mi is igen nagy arányban kaptuk azt a választ, hogy 1 kg jég nehezebb, mint 1 kg víz. Látszik tehát, hogy a tömeget a gyerekek összekapcsolják olyan fogalmakkal, mint a térfogat, a sűrűség, a felületre ható nyomás, az oldhatóság. Vagyis ismét a korábban már elemzett helyzettel van dolgunk: *differenciálatlan fogalom-együttesek hoznak létre tévképzetekkel terhelt elképzeléseket a gyerekek tudatában.*

A vizsgálatok további területei

A fentiekben három példával (földkép, mozgáskép, az anyagszerkezetre vonatkozó gyermeki felfogás alakulása) éppen csak ízelítőt adhattunk az idevágó kutatásokból. A terjedelmi korlátok megálljt parancsolnak, pedig még nagyon sok hallatlanul izgalmas kutatási eredmény született az eddigi vizsgálatok során. Természettudományos területen a termodinamikai jelenségek, a fény, az elektromosság, a kémiai reakciók, az élő fogalma, az ökológiai összefüggések megértése, a növényekben zajló folyamatok, elsősorban a fotoszintézis és még nagyon sok más téma kutatása adott munkát a terület tudósai számára. Mint már említettem, a természettudományi területen előrehaladottabbak a kutatások, de ez nem jelenti azt, hogy csak itt lennének eredmények, s különösen nem jelenti azt, hogy csak a természettudományok oktatására érvényes a konstruktivista tanulásfelfogás. Viszonylag kiterjedt kutatások folynak a naiv pszichológiai elméletek feltárása (hogyan elemezzük embertársaink viselkedését és persze a saját magunkét is, milyen előfeltevéseket alkalmazunk, amikor előrejelezzük az emberke között lezajló folyamatokat?). Az előítélet, annak keletkezése, szerkezete, hatása már a gyermektudománnyal kapcsolatos vizsgálatok előtt is fontos kutatási kérdését képezte a szociálpszichológiának. A konstruktivizmus talán új megvilágításba helyezhet számos eredményt. Szintén sok kutatás folyik a pedagógiai elképzelések fejlődése kérdésében. Határozottan kimutatható a pedagógusjelöltekkel és a kezdő pedagógusok problémáival foglalkozó kutatások konstruktivista vonulata. Meggyőződésem, hogy számos olyan kérdést kell feltenni a történelem, a társadalomismeret, a magyar irodalom, a művészetek, a nyelvek tanításában is, amelyek a gyermeki elképzelések beható tanulmányozását igénylik. Csak ötletekként írom le: vajon hogyan befolyásolja a gyerekek történelemmel kapcsolatos ismeretszerzését az, hogy mielőtt még ismerkedni kezdenének az emberi történelemmel, már kialakul valamilyen képük a hatalomról (a család elemi hatalmi viszonyai), az emberiség eredetéről, az erőszakról, a forradalmakról, az emberek társadalomban elfoglalt helyéről stb. Arról is meg vagyok győződve, hogy a jobb irodalomtanítás érdekében utána kellene néznünk, vajon hogyan alakul a gyerekekben az irodalom társadalmi szerepével, az emberek életében elfoglalt helyével kapcsolatos felfogás, illetve a korábbi tanulmányok milyen képet alakítanak ki a gyerekekben egyes költőkről, írókról. Vajon miként nézünk egy műalkotást, mi játszódik le bennünk, korábbi ismereteink, élményeink hogyan befolyásolják közben a gondolkodásunkat, érzelmeinket? Vannak-e ebben sztereotip mozzanatok, pl. a modern művészetekhez való viszony kérdésében, vagy abban, hogy a középkori festményekről alkotott véleményünket hogyan befolyásolja mai ízlésünk?

A tanulmányhoz tartozó jegyzet a cikksorozat végén jelenik meg.