

Irányzatok a természettudományos nevelésben

A természettudományok mai értelemben vett oktatása az első ipari forradalmat követő megjelenése Európában mintegy kétszáz éve, Amerikában pedig még fél évszázaddal később (Comber és Keeves, 1973; Machamer, 1998) óta gyökeresen átalakult. Az utóbbi csaknem hatvan évben a hangsúlyok folyamatosan változtak, a tudomány, a technika fejlődése és később az internet kiépülése következtében óriási expanzió, „tananyagrobbanás” (1), tantervi reform (2) ment végbe.

A természettudományos nevelés század vége felé felszínre került hiányosságai (3), a gyorsan változó társadalmi elvárások, a természettudományok iránti érdeklődés folyamatos csökkenése és a tudományellenesség erősödése a természettudományok oktatásának erőteljes differenciálódását, a cél- és feladatrendszer egyre komplexebbé válását, alternatív, többé-kevésbé koherens műveltségkonceptiók és különböző nevelési módszerek kidolgozását eredményezte. Jelen tanulmány kísérletet tesz a természettudományos nevelés napjainkban élő meghatározó irányzatainak áttekintésére, külön fejezetekben mutatva be a diszciplináris, valamint az inter- és multidiszciplináris programokat. Viszonylag részletesen foglalkozik a természettudományok logikája szerinti tantervszerkezési formákkal és a társadalmi orientációjú STS (Science Technology Society / Tudomány – Technika – Társadalom) projektekkel, azok ugyanis kevésbé ismertek Magyarországon. A tanulmánynak nem célja az ismertetett irányzatok értékelése, a hatékonyság minősítése, a korszerűség taglalása, csupán a természettudományos nevelés a mai oktatási rendszerekben uralkodó fő trendjeinek bemutatására törekszik.

A mai természettudományos nevelés fő kérdései és irányzatainak csoportjai

A természettudományok oktatásának széles körben való elterjedése óta állandó diskurzus tárgya, hogy milyen legyen az „iskolai tudomány”, mit és hogyan kell tanítani. Az oktatás egyik örök alapproblémája, hogy miként közvetíthető valamennyi tanulói réteg számára releváns tudás. Állandó dilemma, hogyan elégíthetők ki az oktatásban érintettek, a tanulók, a szülők, a szakértők és a társadalom elvárásai. A mai oktatási rendszerekben a „Kinek releváns?” és „Mi releváns?” kérdésekre adott válaszoktól függően számos relevanciaértelmezés él. (4) A változó, különféle megfontolások mentén megfogalmazott „ideák” háttérben azonban lényegében három, különböző időpontban megjelent, ma párhuzamosan létező, egymás alternatíváinak nem tekinthető (Nahalka, 1993), koncepciójukban lényegi különbségeket mutató szerepfelfogás áll. (1. táblázat)

Mind a mai napig két, a tudományos ismeretek, készségek, attitűdök közvetítését hangsúlyozó, de céljaiban alapvetően különböző felfogás él egymás mellett. Az egyik a természettudományok oktatásának feladatát a tudományos diszciplínák átadásában, a tudományosan képzett egyének nevelésében, a másik a gyakorlatias, a tömegek számára praktikus tudás közvetítésében, a hétköznapokban való boldogulás segítésében látja.

Az Egyesült Királyságban már a 19. század közepén arról folyt a vita, hogy a hétköznapok megértését biztosító „Mindennapi Dolgok” vagy a könnyen elkallódó zsenik

1. táblázat. A természettudományos nevelés fő irányzatai és szervezeti keretei

A természettudományos nevelés fő irányzatai a			A természettudományos nevelés szervezeti keretei	
cél- és feladatrendszer alapelvei szerint	tananyagszervezés módja, a különböző témák és tudományterületek viszonya szerint			
Tudomány-centrikus, a természettudományok logikája, sajtósági szerinti	Diszciplináris (a klasszikus természettudományok tudásanyaga, elkülönült szaktudományos tudás közvetítése)		A szaktudományokat leképező tantárgyak	
	Két vagy több természettudományos terület integrálása	Inter- és multidiszciplináris (átfogó) tudományos világgép kialakítása)	Integrált	természettudományos tantárgy
Társadalom-centrikus, a társadalom igényei alapján	A természet- és egyéb tudományok interakciónak bemutatása (például STS irányzatok)			komplex természet- és társadalomtudományi kurzusok

„arany szemcséit” kimosó laboratóriumi, „Tiszta Elvont Tudomány” kerüljön-e a népis kolák tanterveibe (Hudson és Prophet, 1993). Végül a tiszta tudományt helyes látásmódként értelmező brit akadémia (BAAS – British Academy for the Advancement of Science) állásfoglalása a „tisza tudomány” (pure science) tanítását, a természettudományos gondolkodásmód (scientific habit of mind) elterjedését segítette elő a középiskolákban (Layton, 1981).

Az Egyesült Államok központi irányítás hiányában igen változó természettudományos oktatásának standardizálását követően felszínre maradt két felfogás, a „civil tudomány” (citizen science) és a pre-professionális képzés ideája közötti vita végül az előbbi javára dőlt el. A Nemzeti Oktatási Szövetség (National Education Association) Tízek Bizottságának (Committee of Ten) 1892-es középiskolai tantervébe a természettudományok tanulásának eredményességét befolyásoló, gondolkodásfejlesztést középpontba helyező „civil tudomány” került (Hurd, 1991a). A „korlátlan lehetőségek hazájában” a 19. század végén Dewey a jellegzetesen amerikai pragmatista filozófia alapjain megalkotta az ismeretszerző és a problémamegoldó képességet fejlesztő, a gyermekek saját tapasztalataiban gyökerező önálló cselekvésére, egyéni feladatmegoldására épülő, gyakorlatias, életszerű tudást adó, a gyermek környezetéhez illeszkedő iskola ideáját. Dewey a hagyományos iskolapadok, osztálytermek helyébe laboratóriumokat, műhelyeket, műtermeket állított (Dewey, 1912/1976).

Az irányzatok egy része az autentikus tudást helyezi középpontba (Roth, 1995). A mindenki számára való érthetőség oldaláról közelítenek az oktatás felé a „természettudomány mindenkinek” (science for all) jelszó körül kialakult törekvések (Bybee, 1987; Rubba, 1987). A közvetlen, tapasztalt környezet jelenségeinek életközeli (real life) megismerését kínálják a „hétköznapi tudomány” és az „otthoni tudomány” vagy „házi tudomány” (home science, lásd Das és Ray, 1989) címkéjű programok.

A természettudományok oktatásában a diszciplináris és pragmatikus felfogás szembenállása végigkíséri az utóbbi több, mint ötven év oktatásának történetét, de a hangsúlyok állandóan változtak. A múlt század közepén a fejlett világ nagy részében az értékes tudás kimondottan szaktudományos és műszaki ismereteket jelentett. Az 1970-es évek közepétől fokozatosan előtérbe kerülő felfogás szerint azonban a mindenki számára fontos természettudományos műveltség „a természettudományoknak az az alapvető megértése, amit mindenkinek birtokolnia kell, nemcsak a technika vagy a természettudomány területen dolgozóknak” (Klopfer, 1991, 947.). Relevánsnak azóta is egyre szélesebb körben a laikusok számára életszerű helyzetekben hasznos tudást tekintetik.

20. század utolsó évtizedeiben az informatika fejlődésének, az internet kiépülésének, a naprakész információk könnyű elérhetőségének köszönhetően a természettudományos nevelés célrendszere összetettebbé vált. Megjelentek a természet szeretetét, a természet iránti attitűdök, felelősségtudat kialakítását megjelölő affektív alapú megközelítések. Machamer szerint például a tanulók a tudományok tanulmányozásával megismerik, megértik önmagukat, és így motivációik is világosabbá válnak (Machamer, 1998). Egyre többen vetik fel a természettudományok oktatásának etikai, erkölcsi felelősségét, érték közvetítő szerepét (lásd például Marx, 2001). Eszerint a cél a további ökológiai katasztrófák és társadalmi problémák megelőzése érdekében olyan természettudományos szemléletű, gondolkodású generáció nevelése, amely tisztában van a tudományos felfedezések és a technikai vívmányok veszélyeivel és felelősséggel használja azokat. Az 1980-as évek közepén Fensham összekapcsolja és minden tanuló számára releváns társadalmi kontextusba ágyazza a természettudományos és műszaki oktatást (Fensham, 1985), megalapozva ezzel a természettudományos nevelés társadalmi orientációjú STS (Science Technology Society / Tudomány – Technika – Társadalom) szlogennel címkézett nevelési programjainak ma már széles és egyre bővülő körét. Riess (2000) rámutat arra, hogy a tudományos műveltség megszerzéséhez a tudomány és a technika alapfogalmainak elsajátításán túl ismerni kell a valóság más modelljeinek értelmezéséhez szükséges tudományos módszereket, valamint a tudomány és a technika társadalmi hatásait. Ez a mindennapokat átható, az általános tájékozottságot magában foglaló, az angol nyelvű szakirodalomban „scientific literacy” (újban science literacy AAAS, 1989; 1990; OECD, 2000) kifejezéssel jelölt természettudományos műveltség Klopfer szerint öt komponensből áll:

- „a) a jelentős természettudományos tények, fogalmak, elvek és elméletek tudása;
- b) a releváns természettudományos tudás alkalmazásának képessége hétköznapi szituációkban;
- c) a természettudományos vizsgálati eljárások alkalmazásának képessége;
- d) a tudomány jellemzőinek, a tudomány, a technológia és a társadalom közötti interakciók természetének átfogó megértése;
- e) a természettudományokkal kapcsolatos, tájékozottságon alapuló érdeklődés és attitűdök.” (Klopfer, 1991, 947.)

Lényegében ez a felfogás érvényesül a ma széles körben érvényesnek elfogadott, modern műveltségkoncepciókban, például az OECD–PISA 'science literacy' fogalmában (OECD, 2000; 2001; 2003; 2007).

A mai oktatási rendszerekben megfigyelhető mind a tudománycentrikus, diszciplínaorientált (szaktudományos) és pragmatikus felfogás, mind a társadalmi orientáció dominanciája, a célmeghatározások többsége azonban az első kettő vagy mindhárom felfogás ötvözete, azok változó szempontok alapján építkező, különböző arányú, hangsúlyú rendszere. A diszciplínaorientált felfogás jellegzetesen Európában, a pragmatikus főként Amerikában, a társadalmi orientáció pedig Nyugat-Európában, Amerikában és a fejlődő világban van jelen (Nahalka, 1993). A tanügyi dokumentumokban deklarált feladatok iskolai megvalósítása, technikai végrehajtása terén pedig két trend uralkodó: az ortodox természettudományokat lefedő tudománycentrikus szaktárgyi oktatás és az integrált természettudományos nevelés.

Diszciplínaorientált, szaktárgyi természettudományos nevelés

A hatvanas évek elején kibontakozó nagyszabású curriculum-reform, az új tantervek tudományos alapokra helyezik a természettudományos oktatást. A leíró jellegű, jelenség-szintű közvetítést minden szinten és iskolatípusban felváltja a tudományos fogalmak, törvények, elvek tanítása (Nahalka, 1993). Kialakul és az ötvenes-hatvanas években meghatározóvá válik, de a mai oktatási rendszerekben is fellelhető a klasszikus ter-

mészettudományokat, azok belső logikáját, szerkezetét leképező tantárgyak rendszere (Báthory, 2002). Ez a megközelítés abból indul ki, hogy a természettudományok oktatásának kereteit, tantárgyszervezését a természettudományok jellegzetességei határozzák meg. Ezek a programok a tudományos kutatások módszereit, a laboratóriumi munkát, a tanulói kísérleteket preferálják, továbbá a mérnökök és a természettudósok számára releváns gondolkodásmódot és készségeket közvetítenek.

A szaktudományos elvek szerint felépülő, legtöbbször részdiszciplínákra tagolt tantervek és didaktikai eszközeik igen hatékonyan bizonyultak a természettudományok felé orientálódó fiatalok képzésében, de szinte a kezdetektől számos kifogás, probléma is jelentkezett. Az ellenérvek közül néhány a következőképpen foglalható össze:

- A közvetített magas szintű, főként elméleti tudás csak viszonylag szűk, természettudományos pályára készülő réteg számára releváns.

- A laikusok, a nem természettudományos érdeklődésűek körében gyakoriak a tanulók megértésének zavarai és nehézkes azok nem iskolai feladatokban való alkalmazása. A merev szaktantárgyi keretek miatt ugyanis a tanulók többsége előtt rejtve marad, hogy az egyes tantárgyak ismeretanyaga ugyanannak a valóságnak egy-egy, egymáshoz többé-kevésbé kapcsolódó szegmenseit tárgyalja. A diákok jelentős rétegei például nem ismerik fel, hogy a biológiaórán tanult energiatermelő folyamatban (citromsav-ciklusban) ugyanakkor a szőlőcukornak a biokémiai reakciói játszódhatnak le, mint amiről a kémiaórán tanult. Viszonylag kevesen jönnek rá arra, hogy a légzőskor a tüdőben lejátszódó gázcsere a fizikaórán tanult gáztörvény szerint játszódik le.

- További problémát okoz, hogy az egyes tudományágak fogalmainak, alapelveinek egymásra épülése nem felel meg az iskola, a közvetítő tantárgyak sajátos didaktikai haladási ütemének (Chrappán, 1998), így az egyes természettudományos tantárgyak tananyaga helyenként nem kellően összehangolt. Magyarországon például a nyolcvanas évek elején a gimnáziumokban a biokémiai fogalmakat és folyamatokat a vonatkozó szerves kémiai ismeretek előtt tanították. Szintén ezidőtájt a nyolcadikosok akkor tanultak az öröklésről, amikor még nem ismerték az egyes szabályok, törvények értelmezéséhez, a helyes szemléletmód kialakulásához elengedhetetlenül fontos fehérjék és nukleinsavak (DNS, RNS) tulajdonságait.

- Végül, mivel a hetvenes évek tudományos fejlődése elmosta a klasszikus tudományok határait, sok esetben igen körülményes a tudományágak azonosítása és a tanított tartalmak kategorizálása, tantárgyi besorolása.

Ma már egyértelmű, hogy a természettudományok hagyományosan értelmezett, diszciplínaorientált tanítása nem képes kielégíteni a posztmodern társadalmak igényeit. A mai szakirodalom az ortodox természettudományokat lefedő tudománycentrikus oktatást főleg a modern koncepciók és kurzusok ellenpólusaként, a fentiekhez hasonló problémákat felsorakoztatva említi (lásd például Hurd, 1991b; Tanner, 1989), pozícióit azonban minden negatív bírálat, ellenérv mellett stabilan tartja. Az IEA háttérelmzése szerint a klasszikus természettudományokat megjelenítő, legtöbbször szaktudományos felfogást közvetítő tantárgyszervezet csaknem azonos gyakorisággal jellemzi a mai oktatási rendszereket, mint az inter- és multidiszciplináris integrált nevelés. A természettudományok hagyományos tudományterületenkénti oktatása a 2003-as TIMSS vizsgálatban a résztvevők csaknem felére, 49 ország közül 23-ra volt jellemző (Martin, Mullis, Gonzalez és Chrostowski, 2004, 8.).

A legtöbb szakértő egyetért abban, hogy az akadémikus tudás és tudományos szemlélet közvetítése nem eliminálható a korszerű projektekből sem. A természettudományos nevelés ugyanis nem nélkülözheti a világ szaktudományoktól kölcsönözhető analitikus, szisztematikus, oksági viszonyok szerinti objektív megismerését (Aikenhead, 1994; 2003a; Báthory, 2000). A korszerűnek tartott, jól szervezett, legkülönfélébb felfogások, ideológiák mentén felépített projektek is természettudományos diszciplínákra alapoznak,

de a tradicionális diszciplínacentrikus tanítástól eltérően az ismereteket nem izoláltan, hanem a tanulók számára életszerű, értelem-gazdag kontextusba ágyazottan közvetítik (Aikenhead, 1994; 2003a).

A természettudományok inter- és multidiszciplináris elvű oktatása

A természettudományok szaktudományos diszciplínák szerinti tanításának problémái, a skolasztikus és pragmatikus tudásfelfogás ellentmondásai, a mindenki számára érvényes, koherens tudás, egységes szemlélet közvetítésének igénye közel fél évszázada úgynevezett inter-, illetve multidiszciplináris (5) programok kidolgozását inspirálták (Báthory, 2002), amelyek a hetvenes években főként az Egyesült Államokban és a fejlődő világban terjedtek el (Nahalka, 1993). A felfogás alap gondolata, hogy a valóság, a természeti és társadalmi környezet jelenségei önmagukban és kölcsönhatásaikban sajátos ökoszisztémát alkotnak, ezért az oktatásban sem helyénvaló a diszciplínákra, a tudományterületeket lefedő tantárgyakra tagolás.

A természettudományok oktatásának inter- és multidiszciplináris programjai/tanterveivel a közös elvi kereten belül sokféle felfogást képviselnek, és miután nincs egységes elméleti fogalmi rendszer, a szakirodalom sokféle modellt ír le. Drake (2000) például három típus, a két vagy több tantárgy diszciplínáinak eredmény-, illetve problémalapú explicit organizációjával előálló multidiszciplináris, a tantárgyi határokat interdiszciplináris (például: műveltségbeli, kutatási, számolási) készségek középpontba állításával felszámoló interdiszciplináris, valamint a valós szituációkat is megjelenítő transz-diszciplináris tantervek elkülönítését javasolja. Jacobs az integráció hat formáját különbözteti meg a szeparált diszciplína-alapú (Discipline Field) tervezéstől a teljes integrációig, a területalapú tanításig (Transdisciplinary), amelyben a tanulók tanulmányaik során összekapcsolják a tudományos fogalmakat és alapelveket mindennapi életükkel (Jacobs, 1989. 18.). Fogarty (1991) sokat citált kategória-rendszere a diszciplínák integrálásának széles spektrumát vonultatja fel a tradicionális tudományágakat lefedő 'fragmented' tantervektől a diszciplínákat különböző elvek, szisztémák, módszerek segítségével összekapcsoló megoldásokon keresztül az érdeklődők és a szakértők számára készült, egyéni ötletekre és felfedezésre építő összetett 'Networked' modellekig (Fogarty, 1991). Chrappán Magdolna a diszciplínák összekapcsolásának módja és a közvetítő tantárgyak/kurzusok alapján rendezi sorba a tanterveket. E megközelítésben az integráció szintje a hagyományos természettudományos tantárgyi struktúra keretein belül a módszertani eszközök alkalmazásától a tantárgyi koordináción, koncentráción és a tantárgyblokkokon keresztül a tartalmi és módszertani integrációval előálló integrált tárgy, illetve komplex tárgy között húzódik (Chrappán, 1998).

A változó szemléletű és különböző célú inter- és multidiszciplináris projektek a témák, fogalmak és problémák kiválasztásában és szervezésében két vezérelvet követnek (2. táblázat; Chrappán, 1998). A legtöbb és a legnagyobb múltra visszatekintő programok a természettudományok logikájára és az egyes tudományterületek közös fogalom- és eljárásrendszereire alapozva dolgozzák ki tanterveiket. Az utóbbi évtizedekben pedig, miután a neveléstudományi szakemberek realizálták, hogy a valóság modelljeinek értelmezéséhez éppolyan fontos a tudomány, a technika és a társadalom kölcsönhatásainak ismerete, mint a tudomány és a technika alapfogalmainak megértése, illetve a tudományos módszerek használata (Gallager, 1971; Riess, 2000), a természettudományos nevelés minden addiginál komplexebb társadalmi orientációjú irányzata bontakozott ki. A hetvenes évek végén megjelentek a társadalmi igényekből kiinduló, a természettudományokat különböző, más tudományterületekkel – például társadalomtudományokkal, matematikával stb. – integráló komplex Science Technology Society (STS / Tudomány – Technika – Társadalom) programok.

Tudománycentrikus integrált programok

A természettudományok tanításának a tudományos diszciplínákat, az „iskolai tudományt” és a mindennapi életet a természettudományok keretein belül többféle felfogás mentén, különféle technikával egységes, releváns rendszerbe fogó irányzata integrált (integrated) tanítás/tanterv néven vált széles körben ismertté, de a szakirodalomban interdiszciplináris (interdisciplinary) (6), együttműködő (synergistic) (7) és tematikus (thematic) (8) tanítás/tanterv és más hasonló megközelítések, alternatívák is előfordulnak.

2. táblázat. Az inter- és multidiszciplináris természettudományos projektek/tantervek típusai

<i>A válogatás és szervezés vezérelve</i>	<i>A diszciplínák és részdiszciplínák viszonya</i>	<i>Az integráció megvalósításának technikája</i>
A természettudományok logikája, fogalom- és eljárásrendszere	Egy diszciplínán (a természettudományok adott ágán) belüli részdiszciplínák rendezése.	Módszertani (didaktikai) eszközök;
	Több természettudományos terület, diszciplína egységes keretrendszerbe foglalása.	készségek, képességek fejlesztése, attitűdökön kialakítása;
	Több diszciplína és azok részdiszciplínáinak összetett rendezése.	tartalmi elvek és módszertani eszközök
Társadalmi igények	Különböző tudományterületek (társadalom- és természettudományok) diszciplínáinak egységes alapokra helyezése.	Tartalmi elvek és módszertani eszközök

Az integrált oktatás az UNESCO 1968-as várnai konferenciájának gyakran vitatott definíciója szerint a tudományos ismereteket egységes rendszerben közvetítő, egyesített tantárgyi keretek között megvalósuló tanulás (Unesco, 1968). Más, árnyaltabb megfogásban az integrált tanítás/tanterv a szaktudományokat lefedő tantárgyak és a tartalmi határok megszüntetését, a kereszttantervi kapcsolatok kialakítását, a tantárgyak, a tananyag tanulók környezetéhez való kapcsolását célozza meg (Lake, 1994). Az integrált tanterv amellett, hogy segíti a tanulást és motiválja a tanulókat, támogatja az új összefüggések felismerését, valamint új modellek, rendszerek és struktúrák létrehozását (Dressel, 1958).

Az interdiszciplináris integrált nevelési projektekre általában jellemző a tantárgyak kombinációja, egy központi elv alkalmazása, a fogalmak összekapcsolása, az alapelvek organizációjával előálló tematikus egységek, a rugalmas ütemezés, a kézikönyvek mellett egyéb források használata és a flexibilis tanulócsoportok (Lake, 1994). Az egyes megközelítések és megoldások megegyeznek abban, hogy a tapasztalatot, a funkciót hangsúlyozzák és a tanulócentrikus tantervet helyezik a középpontba (Aikenhead, 2003a).

A természettudományok keretein belül építkező tantervek az integráció szintjét tekintve széles intervallumot fednek le. Az egyik végpontot az elkülönülő diszciplínákból felépülő, a tradicionális tudományágaknak megfeleltethető és a hagyományos tantárgyak keretében közvetített tantervek, a másikat pedig a két vagy több tudományterületet (például: biológia, fizika, kémia, földrajz és esetenként matematika stb.) rendszerbe foglaló, összetett témákat és problémaköröket megjelenítő curriculumok képviselik (Chrappán, 1998; Fogarty, 1991; Jacobs, 1989).

Attól függően, hogy az integráció miként, mennyiben érinti az egyes diszciplínákat, illetve részdiszciplínákat, többféle megoldás alakult ki (2. táblázat). A természettudományok alapelveit, gondolkodásmódját követő tantervek egy része nem lépi át a tradicionális tudományterületek (biológia, fizika, kémia, földrajz) határait, azok diszciplínáinak részletes tárgyalására, az ott fontos készségek, képességek kialakítására törekszik. Ilye-

nek például Fogarty 'fragmented' (szeparált diszciplínákból álló), 'connected' (az egy témán belüli diszciplínákat összekapcsoló) és 'nested' (a tanított elemeket egymásba illesztő) modelljei (3. táblázat). A curriculumok másik csoportja a természettudományok különböző ágait (biológia, fizika, kémia, földrajz) foglalja rendszerbe valamilyen szisztémával (kiválasztott vezérelvvel, témával, képességek szerint, illetve ezek kombinációjával). Végül külön csoportot képeznek a természettudományok iránt érdeklődők és szakértők problémamegoldásra, felfedezésre fókuszáló különböző komplexitású, esetenként többdimenziós tantervei (Fogarty, 1991).

A tananyagelemek és -egységek kapcsolatrendszerének kialakítása is többféle technikával történik (2. táblázat). A tradicionális szaktárgyi kereteken belül a különálló diszciplínákat vagy részdiszciplínákat közvetítő természettudományos oktatásban az integrációt a tanárok a tanítási folyamatban didaktikai eszközökkel valósítják meg (Chrappán, 1998). Ez történik például a Fogarty-féle 'fragmented' (szeparált diszciplínákból álló), illetve 'sequenced' (a diszciplínákat egymás mellé rendező) tantervek esetében (3. táblázat; Fogarty, 1991).











Működnek olyan projektek, amelyekben a tanított tartalmak rendszerbe foglalása bizonyos készségek, képességek fejlesztésének, illetve adott attitűdök kialakításának szükségleteit követi. Fogarty 'nested' címkéjű modelljei például egy-egy ortodox szaktudományos tantárgy tudáselmeit szociális, gondolkodási és tartalomspecifikus készségek segítségével helyezik különböző kombinációkba és rendezik ciklikus rendszerbe. A 'threaded' programok pedig több különböző tudományág diszciplínáit fűzik fel a szociális és a tanulási készségek, valamint a többszörös intelligencia alapelvei mentén, integrálva a gondolkodási képességeket és a tartalmi információkat. A tantervek jó része a kiválasztott témák, fogalmak, alapelvek tartalmi rendezésével valósítja meg az integrációt, amely értelemszerűen maga után vonja adekvát módszerek alkalmazását is (Chrappán, 1998). A 'connected' kategória curriculumai például egy tudományág egy témájának belső összefüggéseit, részleteit kulcsfogalmakkal kapcsolják össze. Ezt a stratégiát alkalmazza a 'shared' csoport is, amely két különböző tudományág diszciplínáit rendezi egy-egybe egy közös (megosztott) fogalommal, időnként készséggel vagy attitűddel (3. táblázat). Az 'integrated' modellekben pedig már több diszciplína egymást átfedve, közös sajátosságait felhasználva valósítja meg az integrációt. A programok között találunk olyanokat is (például 'webbed' modellek), amelyek összetett témák, például környezet, erő, változás köre építik fel a tanterveiket (Fogarty, 1991; Fogarty és Stoehr, 1995).

Az integrált természettudományos nevelésben is új korszakot nyitott az internet. A világhálón a kész, konkrét integrált curriculumok (9) mellett online nemzetközi adatbázisok és programok (lásd például: <http://kie.berkeley.edu>) is elérhetővé váltak. Az egyik legnépszerűbb online inter- és multidiszciplináris adatbázis a <http://scienceacross.org> címen elérhető „Science Across the World” (SAW). Ez a reál és humán jellegű anyagokat egyaránt tartalmazó SAW-program a résztvevők kommunikációjára épül: tanárok és diákok vitatnak meg egy-egy tudományos problémát, osztják meg egymással tapasztalataikat. Hasonlóan több ismeretkör jelenik meg az amerikai Természettudományos Oktatási Központ (Center for Science Education), a CSE BSCS Science programjának (<http://cse.edc.org>) integrált alapképzést segítő Természettudomány és Technológia Gyerekeknek moduljában (további adatbázisok bemutatást lásd: Felvégi, 2006).

Társadalomorientációjú felfogások / Science Technology Society (STS / Tudomány – Technika – Társadalom) programok

Az első komplex, a civilizációs ártalmak kivédését célzó, társadalomorientációjú STS-alapú ökológiai programok a hetvenes évek második felében jelentek meg. E projektek igazi térnyerése azonban a nyolcvanas évekre tehető, mikor a tudományos-technológiai

3. táblázat. A természettudományok logikája, fogalom- és eljárásrendje mentén szerveződő curriculumok Fogarty (1991) alapján

<i>A diszciplínák viszonya</i>	<i>Fogarty curriculum-kategóriái</i>			<i>Az integráció megvalósításának technikája</i>
Egy diszciplínán belüli részdiszciplínák	Fragmented (töredezett)		Szeperált, elkülönült diszciplínák koordinálása	Módszertani megoldások
	Connected (összefüggő)		Témakörök egy diszciplínán belüli összekapcsolása	Tartalmi elvek
	Nested (egymásba illesztett)		Tanított elemek ciklikus rendszerbe illesztése	Szociális, gondolkodási és tartalom-specifikus készségek fejlesztése
Több diszciplína keretrendszerbe foglalása	Sequenced (sorozat)		Egy terület diszciplínáinak átfogó rendszerbe foglalása (érdeklődők, szakértők számára)	Tartalmi és módszertani integráció, továbbá releváns képességek fejlesztése
	Shared (osztott)		Elkülönült tantárgyakban tanított hasonló témák összhangba hozása	Módszertani megoldások
	Webbed (hálóba kapcsolt)		Két diszciplína azonos fogalmak, elvek szerinti tanítása	Tartalmi, esetenként képességek és attitűdök fejlesztése
	Threaded (vezérfonalra fűzött)		A tananyag tematikus összetett témák köré szervezése	Tartalmi elvek és módszertani megoldások
	Integrated (egységbe rendezett)		A tartalmi információk vezérfonalra való felfűzése / a gondolkodási képességek és a tartalmi információk integrálása	A szociális és tanulási készségek és a többszörös intelligencia alapelveit követik
	Immersed (bemerülő)		Több diszciplína egymást átfedő, közös elemek alapján felépített rendszere	Tartalmi elvek és módszertani megoldások
Több diszciplína és azok részdiszciplínáinak összetett rendezése	Networked (hálózatba kapcsolt)		Az egyéni ötletekre és felfedezésre építő direkt, többdimenziós projekt, amelyben a tanuló a szakértő szemével kiszűri a tananyagot	A tanulók által irányított direkt, változatos technikát használó integrációs folyamat.

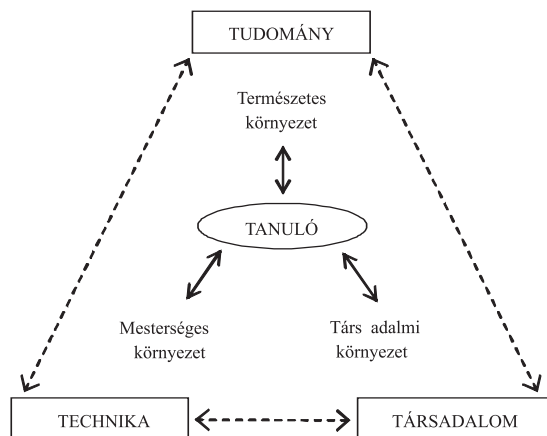
forradalom és a globális környezeti problémák hatásainak érzékelhetővé válása, a neveléstudomány fejlődése, valamint az oktatás expanziója felvetette a természettudományos nevelés társadalmi relevanciájának kérdését.

Az STS iskolai természettudományos oktatáson belüli evolúciója az egyes tanárok szakmai és intellektuális fejlődésének összetett története. Az akadémiai természettudományos világnézet szerint szocializált pedagógusok többsége ugyanis kezdetben nem tudott mit kezdeni a technika mint alkalmazott természettudomány tudomány és társadalom közé ékelődésével. Tudománycentrikus felfogásukkal óhatatlanul szembekerültek az STS-szel, gyökeresen át kellett formálni látásmódjukat és újra kellett alkotni fogalmi rendszerüket (Aikenhead, 2003b). A projekt fejlődése, a szemlélet alakulása figyelhető meg az irányzat „atyjának” tekintett Fensham munkáiban is (Aikenhead, 2003b). Fensham korai írásai a tudomány/technika egyirányú társadalmi hatásairól szólnak, a későbbiekben azonban a kölcsönös kétirányú interakciók a kifejezettek (Fensham, 1985, 1988, 1992).

Az STS a természettudományok posztmodern szemléletében gyökeredző, a természettudományok és a technika tanítását kulturális, ökológiai, társadalmi és politikai kontextusban hangsúlyozó felfogás. (10) Az STS-természettudomány alap gondolata, hogy a társadalmi problémákhoz a megoldásokat, a felmerülő igények kielégítéséhez az alapokat a természettudományos kutatások szolgáltatják, de a közvetlen végrehajtás a technika szerepköre. Más szóval, a tudáskonstruáló tudomány és a felhasználó társadalom közé a kivitelező technika ékelődik (3. ábra).

Az STS is hagyományos természettudományos diszciplínákat fed le, de szakít a tudománycentrikus vezérellyel, a tudománycentrikus felfogással, és a tanulót, a tudást konstruáló és alkalmazó embert helyezi a középpontba (2. ábra). A természettudományos ismereteket a tradicionális tantervekkel és oktatással ellentétben a tanuló számára értelemgazdag technikai és társadalmi környezetbe ágyazottan közvetíti (Aikenhead, 1994), a hangsúlyt az ember, a természet, a technika és a társadalom összefüggéseire helyezi, és főleg a társadalmilag fontos, a környezeti, társadalmi és gazdasági rendszerek összefüggéseit hangsúlyozó tudományos ismereteket nyújt (Brunkhorst és Yager, 1986). Az STS-programok a tudomány technikai eredményei mellett azok jelentőségével, alkalmazásával, továbbá annak természeti és társadalmi környezetre gyakorolt hatásaival foglalkoznak (Csapó, 1999). Ez az irányzat arra törekszik, hogy a fiatalok mindennapi tapasztalataik megértésén (2. ábra folyamatos nyilak) és az őket körülvevő világ értelmezésén túl integrálják a mesterséges és a természetes, valamint a társadalmi, környezetükkel kapcsolatos tudásukat, felfogásukat (2. ábra szaggatott nyilak; Aikenhead, 1994).

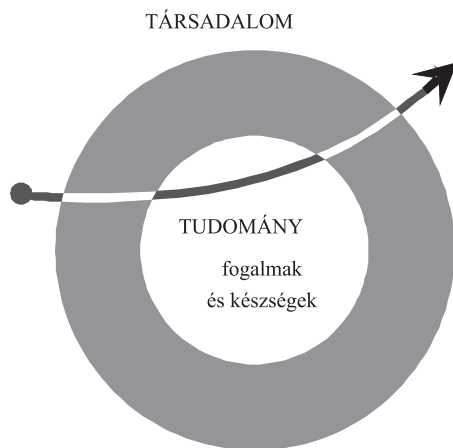
2. ábra. Az STS nevelés lényege (Aikenhead, 1994. 48.) (11)



Az STS-programok számos külső forrást felhasználó, több területet átfogó feladatokat tartalmazó, gyakran a konstruktivizmus elvei szerint felépülő, curriculum típusú modulokból állnak. A modulok a hagyományos természettudományos tananyag témáit az interdiszciplináris STS-tartalmakkal integrálják olyan, természettudományos háttérű szociológiai, ismeretelméleti és történeti kérdésekkel, mint például a természettudományos elméletek sajátosságai vagy a hidegfúzió vitája, továbbá energiatakarékosság, populációnövekedés (Aikenhead, 1994; 2000). Az ortodox természettudományos diszciplínák és az STS-tartalmak aránya, hangsúlya, az STS-tartalmak értelmezése programonként igen változó. A projektek egy része a természettudományos témák válogatásában és sorrendjében követi a természettudományok logikáját, és elvárja, hogy a tanulók ismerjék természeti környezetüket, továbbá rendelkezzenek arra vonatkozó elméleti természettudományos gondolkodással. Vannak ugyanakkor olyan programok, amelyekben a természettudományos témák az STS-tartalmak logikája szerint szerveződnek (részletesen lásd Aikenhead, 1994, 2003a).

A kutatások azt mutatják, hogy a legjobban szervezett STS-anyagok tanítása egy, a társadalmat érintő kérdés vagy probléma felvetésével indul, mint például: „Aggódnunk kell-e a közösségünkben a nagyfeszültségű elektromos vezetékek miatt?; Hogyan vitatható az ittas vezetés bizonyítéka a bíróságon?” (Aikenhead, 1994. 55.) A téma körbejárása a közvetlenül kapcsolódó technológiai módszerek és eredmények, illetve az azokat értelmező természettudományos fogalmak és készségek felhasználásával történik. Végül a következtetések megfogalmazása a releváns technikai vonatkozásokon keresztül visszacsatol a társadalmi kontextushoz. A módszer előnye, hogy visszatér a korábban elsajátított műszaki ismeretekhez, miközben a tanulók a tanultak aktív használatával mélyebben megértett, a környezetre kivetíthető értelemgazdag tudásra tesznek szert (3. ábra, nyíl).

3. ábra. Az STS természettudomány tanításának folyamata (Aikenhead, 1994. 55. o.)



Az STS természettudomány-tanítás 3. ábrán látható lépéssora egy-egy javasolt módszer, amely használható akár az egyes leckék vagy tananyagegységek feldolgozásában, akár a tankönyvek szerkesztésében. Vannak projektek, amelyek valamilyen technikai kérdés révén, míg mások a diszciplináris oktatásban megszokott módon egy-egy természettudományos jelenség boncolgatásával indítva járják körbe az adott probléma természettudományos, technikai és társadalmi vonatkozásait (Aikenhead, 1994).

Az STS-programok a cselekedtető, a csoportos munkát, az együttműködést támogató módszereket preferálják. A témák feldolgozásának gyakori formája a tényeket, érveket felsorakoztató („gondolatgazdag”) vita, amely a természettudomány alapjainak megér-

téséből és a technika alapos ismeretéből, valamint a tudatosult értékekből merít (*Aikenhead*, 1994).

Az STS elméletek széles skáláját nyújtva sokféle megközelítést takar, melynek pozitívuma, hogy ugyan igen különböző felfogású, de elkötelezett és lelkes csoportok sorakoznak fel mögötte (*Roberts*, 1983). A jelentés pontos értelmezésében ugyanúgy nincs megállapodás, mint a természettudományos műveltség fogalma esetében, a hangsúlyok szinte országoként változnak. Olaszországban például diszciplínaorientált felfogásban, Spanyolországban az értékelés oldaláról közelítenek az STS-filozófiához. Kanadában (*Aikenhead*, 2000) és Izraelben pedig a környezeti nevelés (Environmental Education) a hangsúlyozott, ezért az STS helyett az STSE, illetve az STES szlogeneket használják. A holland PLON (Physics Curriculum Development Project) program szintén az átfogó környezeti nevelést helyezi a középpontba. Belgium Sciences Technologiques Ethique Societének nevezett projektjében az etikával, Ausztráliában az ipari technológiával egészül ki a konvencionális STS-program (*Aikenhead*, 2003b). Amerikában a természettudományos tanterveket a két fő kezdeményezés, a Projekt 2061 (*AAAS*, 1989) és a Standard (*NRC*, 1996) uralja.

Magyarországon az STS kevésbé ismert. A megjelent rövid ismertetések és kommentárok (lásd például: *Báthory*, 1999; *Csapó*, 1999b, 2004; *Csorba*, 2003; *Havas*, 1999; *Nahalka*, 1993; *Szabó*, 1998) általában a természettudományos nevelés egy-egy jelensége, időnként felmerülő problémája kapcsán említik. A komplex természettudományos, valamint a környezeti és egészségnevelés filozófiája ugyan feltűnik a Nemzeti alaptantervben, a kerettantervekben, az érettségi dokumentumaiban, illetve néhány oktatási intézmény (általános és középiskola, továbbá főiskola és egyetem) honlapján, a fent említett projektekhez hasonló, kidolgozott, működő STS-alapú programról azonban nincs információ. Egyedül a budapesti Közgazdasági Politechnikum természetismeret tantervének leírásában olvasható utalás az STS-filozófia felhasználásáról (*Veres*, 2002a, 2002b).

Összegzés

A természettudományos nevelés a természettudományok oktatásának széles néprétegek elemi és középiskoláiban való elterjedése óta sajátos utat járt be. A kezdetben domináns tudománycentrikus felfogás a hetvenes évekig a szaktudományos, műszaki ismereteket, a nyolcvanas évektől pedig a mindenki számára hasznos pragmatikus tudást tekintti értékesnek, és annak közvetítését preferálja. A század utolsó évtizedeiben, mikor az egyre gyakoribb ökológiai katasztrófák, a globális környezetszennyezés hatásai közvetlenül is érzékelhetővé váltak, megjelentek a társadalmi igényekből kiinduló, a tudomány és a technika társadalmi hatásait megmutató STS-szlogenekkel címkézett irányzatok. A mai oktatási rendszerekben mind a diszciplínaorientált, mind a pragmatikus megközelítések (Európában jellegzetesen az első, Amerikában pedig az utóbbi), továbbá a társadalmi irányultság (főként Amerikában, a fejlődő világban) dominanciája is fellelhető. A deklarált oktatási célok többsége azonban e három felfogás változó meg gondolásból kiinduló más-más arányú ötvözet. Az oktatási célok megvalósítása pedig alapvetően kétféle módon: a tananyagszervezés és tantárgyszerkezet az ortodox természettudományokat, azok belső szerkezetét lefedő tantárgyrendszer és az inter-, illetve multidiszciplináris szemléletet manifesztáló integrált kurzusok keretében folyik.

Magyarországon a természettudományok oktatása ma is a 20. század első felében kialakult, a tradicionális tudományágakat leképező tantervek szerint és tantárgyrendszerben folyik, amely az említett szakirodalmi modelleket alapul véve Jacobs (1989) 'discipline field', illetve Fogarty (1991) 'fragmented' modelljének, az integrációs kontinuum nyitó szintjének felel meg. Mindemellett a magyar oktatási rendszerben is jelen van a tudományok interdiszciplináris felfogásának ideája. Az integratív tananyagszervezés alap-

elvi fellelhetők az MTA EKB Fehér könyvében (12), a Nemzeti alaptantervben, és a nyolcvanas évek végén több tanulmány is foglalkozik a tantárgyi integrációval (például: *Salamon és Sebestyén*, 1981; *Ficher és Vuics*, 1983; *Faludi*, 1988). Az integráció didaktikai, módszertani eszközökön túl formailag az alsóbb évfolyamok különböző diszciplínákat egymás mellé rendelő – a Fogarty féle 'sequenced' modellnek megfeleltethető (*Fogarty*, 1991) – természetismeret tantárgyában jelenik meg.

A komplex természettudományos és társadalmi nevelés filozófiája feltűnik néhány tanügyi dokumentumban és néhány tanulmányban is. Az előzőekben ismertetett STS programok azonban nálunk nem igazán ismertek, a mindennapi oktatásban gyakorlatilag nem játszanak szerepet – legalábbis nincs róla információk.

Magyarországon a természettudományok tanítása sokak szerint az oktatás sikerágazata. Norman Macrea szerint a történelem legeredményesebb iskolái 1890 és 1980 között a budapesti reálgimnáziumok voltak (*Macrea*, 1992). Úgy tűnik azonban, hogy a természettudományok oktatásának világban végbement fejlődése, paradigmaváltása jórészt elkerülte az országot. A tudósok, mérnökök múlt századi sikerei, tanulóink nemzetközi felmérésekben elért helyezései, a diákolimpiákon nyújtott ma is kiváló teljesítményei, továbbá a tanárképzés szerkezete azonban olyan erős hagyományt teremtett a természettudományok szaktudományos elvek szerinti, erőteljesen akadémikus szemléletű oktatásában, hogy a tanügyi dokumentumokban megfogalmazott elvárások megvalósulása még a természetismeret esetében is kérdéses.

Jegyzet

(1) Természettudományos tudásunk 99 százaléka a 20. század terméke (Marx, 2001).

(2) A korabeli tantervek elavultak voltak, néhány tantárgy még az 1950-es évek elején is a 17–18. század ismeretanyagát közvetítette (Marx, 2001), az 1690-es fizika tananyag még 1976-ban is majdnem elegendő lett volna a felvételi vizsgán (Simonyi, 1986). – Másrészt az oktatás főként leíró és helyenként túl általános szinten folyt (Nahalka, 1993).

(3) Az 1970-es évek végén felszínre kerültek az ismeretek megértésének és az elsajátított tudás alkalmazásának nehézségei. Ekkortájt vált nyilvánvalóvá, hogy a szaktudományos ismeretek hagyományos, diszciplína-alapú közvetítése a tömegek számára irreleváns, inert tudást jelent (Yager és Pennik, 1987)

(4) Például: (1) a (1) konvencionális diszciplínaalapú, a természettudósok és mérnökök gondolkodásmódját közvetítő „elvárt természettudományos tudás” (wish-they-know science); (2) a (2) hétköznapi feladatainak megoldását támogató, a döntéseket megalapozó „szükséges természettudományos tudás” (need-to-know science); (3) a (3) természettudományok eredményeinek, a média és az internet információk megértését, kritikus értelmezését, megítélését lehetővé tevő „inspiráló/motiváló természettudományos tudás” (enticed-to-know science); (4) a (4) tudomány, a technika és a társadalom összefüggéseit megmutató „tudatosító tudás” (have-cause-to-know science); (5) a (5) foglalkoztathatóságot biztosító és a természettudományok iránti érdeklődés kialakításában szerepet játszó „funkcionális tudomány” (functional science); (6) a közösségbe való beilleszkedés segítő, a (6) kultúra alapjait jelentő tudomány (culture-as-science); illetve (7) a (7) kultúrákat átívelő tu-

domány (cross-culture science) (Aikenhead, 2003a, 124.).

(5) Az interdiszciplináris felfogás a tanítás olyan, a tanított diszciplínákat összekapcsoló holisztikus megközelítése, amely a kapcsolatokat és az összefüggéseket hangsúlyozza. A multidiszciplináris megközelítés pedig különböző tudományterületek, például fizika-kémia vagy például matematika-természettudomány diszciplínáinak összekapcsolása (Smith és Karr-Kidwell, 2000).

(6) Az interdiszciplináris tantervek például a tantárgyakat kombinál, az élet átfogó problémáira és az értelemgazdag összefüggéseire fókuszáló, a tudatos tevékenységeken keresztüli tanulást (Good, 1973), a tudományos módszerek és a nyelv tudatos alkalmazását preferáló tudás-szemléletet, tanterv-felfogást képviselnek (Jacobs, 1998).

(7) Az együttműködő tanulás a megértést, az ismétlést, a megerősítést, az egyes curriculum-területek közötti összefüggések felfedezését, valamint a fogalmak és a készségek összekapcsolását, a tanulás és a tanítás különböző területeire való kiterjesztését helyezi a középpontba (Bonds, Cox, és Gantt-Bonds, 1993).

(8) A tematikus tanítás a tantárgyi tananyagok határainak felszámolását, a tantervek különféle aspektusainak értelemgazdag asszociációját, a valós világ visszatükrözését hangsúlyozza (Shoemaker, 1989; Lake, 1994).

(9) Lásd például: <http://suzyred.com/> <http://k-12.pisd.edu/curriculum.html> vagy <http://www.niehs.nih.gov/health/scied/integrated/index.cfm> <http://www.coes.latech.edu/isc/integratedlab.php> <http://www.cascience.org/ISmodels.html>

(10) <http://en.wikipedia.org>

(11) Az 2. ábrán a tudomány a természetes-természet-ti, a technika a mesterségesen kialakított, a társada-

lom pedig a társadalmi környezet tanulmányozását jelenti (Aikenhead, 1994).

(12) Rövidített, módosított változata 1980-ban jelent meg (Rét, 1980).

Irodalom

- Aikenhead, G. S. (1994): What is STS teaching? In Solomon, J. és Aikenhead, G. S. (szerk.): *STS education: International perspectives on reform*: Teachers College Press, New York. 47–59. <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/>
- Aikenhead, G. S. (2003a): Chemistry and physics instruction: integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4. 2. 115–130.
- Aikenhead, G. S. (2003b): STS Education: A Rose by Any Other Name. In Cross, T. (szerk.): *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham*. Routledge Press, London. 59–75. <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/>
- Aikenhead, G. S. (2000): STS in Canada: From policy to student evaluation. In Kumar, D. D. és Chubin, D. E. (szerk.): *Science, technology and society. A sourcebook on research and practice*. Kulwer Academic/Plenum Publishers, New York. <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/>
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990): *Science for all Americans*. Oxford University Press, New York.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989): *Science for all Americans*. Author, Washington D. C.
- Báthory Zoltán (1999): Természettudományos nevelésünk – változó magyarázatok. *Iskolakultúra*, 9. 10. 46–54.
- Báthory Zoltán (2000): Tanulók, iskolák különbségek. OKKER Oktatási Kiadó, Budapest.
- Báthory Zoltán (2002): Tudásértelmezések a magyar középiskolában. *Iskolakultúra*, 12. 3. 69–75.
- Bonds, C. – Cox, C., III – Gantt-Bonds, L. (1993): Curriculum Wholeness through Synergistic Teaching. *The Clearing House*, 66. 4. 252–254.
- Brunkhorst, H. K. – Yager, R. E. (1986): A new rationale for science education – 1985. *School Science and Mathematics*, 86. 5. 364–374.
- Bybee, R. W. (1987): Science Education and the Science-Technology-Society (STS) Theme. *Science and Education*, 71. 5. 667–683.
- Chrappán Magdolna (1998): A diszciplináris tárgyakról az integrált tárgyakig. *Új Pedagógiai Szemle*, 48. 12. 59–74.
- Csapó Benő (1999): Természettudományos nevelés: híd a tudomány és a nevelés között. *Iskolakultúra*, 9. 10. 5–17.
- Csapó Benő (2004): *Tudás és iskola*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Csorba F. László (2003): Gyakorlatiasság és tudás. *Új Pedagógiai Szemle*, 53. 4. 11–20.
- Das, R. R. – Ray, B. (1989): *Teaching home science*. Sterling Publishers, New Delhi.
- Dewey, J. (1912): *Az iskola és a társadalom*. Lampel, Budapest.
- Dewey, J. (1976): *A nevelés jellege és folyamata*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Dressel, P. (1958): The Meaning and Significance of Integration. In Nelson, B. H.: *The Integration of Educational Experiences*. 57th Yearbook of the National Society for the Study of Education. University of Chicago Press, Chicago. 3–25.
- Faludi Szilárd (1988): Tantervi szétforgácsoltsg tantárgyi integráció. *Pedagógiai Szemle*, 7–8.
- Felsham, P. J. (1985): Science for All. *Journal of Curriculum*, 17. 415–435.
- Felsham, P. J. (1988): Approaches to the teaching of STS in science education. *International Journal of Science Education*, 10. 346–356.
- Felsham, P. J. (1992): Science technology. In Jackson, P. W. (szerk.): *Handbook of research on curriculum*. Macmillan Publishing Co., New York, 789–829.
- Felvégi Emese (2006): Integrált természettudomány-tanítás, nemzetközi projektek. *Új Pedagógiai Szemle*, 56. 5. 122–124.
- Fischer Ernő – Vuics Tibor (1983): Az egységes természettudományi szaktanárképzés tervezete. *Pedagógiai Szemle*, 9.
- Fogarty, R. (1991): *The Mindful School: How to Integrate the Curricula*. IL Skyliight Publishing Inc., .Palatine. <http://vocserve.berkeley.edu/ST2.1/TowardanIntegrated.html>.
- Fogarty, R. – Stoehr, J. (1995): *Integrating curricula with multiple intelligences: teams, themes and threads*. IL Skyliight Publishing Inc., .Palatine.
- Gallagher, J. J. (1971): A broader base for science education. *Science Education*, 55. 329–338.
- Good, C. (1973, szerk.): *Dictionary of Education, Third Edition*. McGraw Hill, New York.
- Havas Péter (1999): Természettudományokkal Európán keresztül. *Új Pedagógiai Szemle*, 49. 9. 106–122.
- Hodson, D. és Prophet, R. B. (1994): Why the science curriculum changes: evolution or social control? In: Levinson, R. (szerk.): *Teaching science*. Routledge, London. 23–38.
- Hurd, P. D. (1991a): Closing the educational gaps between science, technology, and society. *Theory into Practice*, 30. 251–259.
- Hurd, P. D. (1991b): Why we must transform science education. *Educational Leadership*, 49. 2. 33–35.
- Jacobs, H. H. (1989, szerk.): *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria.
- Klopfner, L. E. (1991): Scientific literacy. In Lewy, A. (szerk.): *The international encyclopedia of curriculum*. Pergamon Press, Oxford. 947–948.

- Lake, K. (1994): *Integrated Curriculum. The NorthWest Regional Education Library (School Improvement Research Series, SIRS)*, május. <http://www.nwrel.org/scpd/sirs/8/c016.html><http://www.smallschoolsproject.com/index.asp?siteloc=tool§ion=indes>
- Layton, D. (1981): The schooling of science in England, 1854-1939. In MacLeod, R. és Collins, P. (szerk.), *The parliament of science*. Science Reviews, Northwood. 188–210.
- Machamer, P. (1998): Philosophy of Science: An Overview for Educators. *Science and Education*, 7. 1. 1–11.
- Macrea, N. (1992): *John von Neumann*. Panteon Books, New York.
- Martin, M. O. – Mullis, I. V. S. – Gonzalez, E. J. és Chrostowski, S. J. (2004): *TIMSS 2003 International Science Report*. Findings From IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades. TIMSS & PIRLS International Study Center Lynch School of Education, Boston College. Boston.
- Marx György (2001): Tudatos döntésre éretten a 21. században. *Új Pedagógiai Szemle*, 51. 9. 61–63.
- Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés II. világháború utáni fejlődésében. *Új Pedagógiai Szemle*, 43. 1. 3–24.
- NRC / National Research Council (1996): *National science education standards*. National Academy Press, Washington DC.
- OECD (2000): *Measuring student knowledge and skills. The PISA 2000 Assessment of reading, mathematical and scientific literacy. Education and Skills*. OECD, Paris.
- OECD (2001): *Knowledge and skills for life. First results from the OECD Program for International Students Assessment (PISA) 2000*. OECD, Paris.
- OECD (2003): *The PISA 2003 assessment framework. Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. OECD, Paris.
- OECD (2007): *Science Competencies for Tomorrow's World Volume 1: Analysis*. OECD, Paris.
- Rét Rózsa (1980, szerk.): *Műveltségkép az ezredfordulón*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
- Riess, F. (2000): Problems with German Scientific Education. *Science and Education*, 9. 4. 327–331.
- Roberts, D. A. (1983): *Scientific literacy. Towards a balance for setting goals for school science programs*. Minister of Supply and Service, Ottawa.
- Roth, W. M. (1995): *Authentic school science*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Rubba, P. A. (1987): „Science for all” on Science-Technology-Society Instruction. *School Science and Education*, 69. 2. 155–162.
- Salamon Zoltán – Sebestyén Dorottya (1981): Integrációs törekvések a világnézeti nevelés érdekében a középiskolai természettudományos oktatásban. *Magyar Pedagógia*, 81. 4.
- Simonyi Károly (1986): *A fizika kultúrtörténete*. (3. kiadás) Gondolat, Budapest.
- Smith, J. és Karr-Kidwell, P. (2000): *The interdisciplinary curriculum. A literary review and a manual for administrators and teachers*. (Eric Document Reproduction Service No. ED443172.)
- Szabó Árpád (1998): A természettudományos nevelés. *Új Pedagógiai Szemle*, 48. 6. 13–14.
- Takács Gábor (2000): *Természettudományos tévképzetek és az oktatás kapcsolata*.
- Tanner, D. (1989): A brief historical perspective of the struggle for an integrative curriculum. *Educational Horizons*, 68. 1. 7–11.
- UNESCO (1968): *General Report, Varna Congress on the Integration of Science Teaching*. UNESCO, Párizs.
- Veres Gábor (2002a): Komplex természetismeret a Politechnikumban I. *Új Pedagógiai Szemle*, 52. 5. 60–83.
- Veres Gábor (2002b): Komplex természetismeret a Politechnikumban II. *Új Pedagógiai Szemle*, 52. 6. 56–63.
- Yager, R. E. – Pennik, J. E. (1987): Resolving the crisis in science education: Understanding before resolution. *Science Education*, 71. 1. 49–55.