

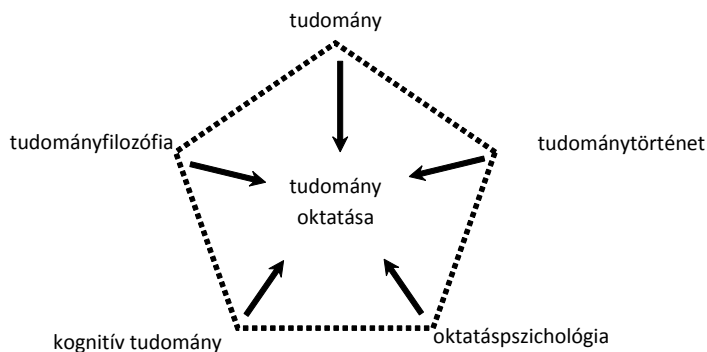
Tudománytörténet és a tudomány oktatása

A Történelem és Filozófia a Tudomány Oktatásában (TöFiTO) (History and Philosophy in Science Teaching, HIPST) elnevezésű kutatási feladat a tudományos oktatás didaktikájával foglalkozó olyan tudósok eredményeit mutatja be, akik hozzá kívánnak járulni a tudomány oktatásához annak minél hatékonyabb oktatása és tanulása érdekében. E cél eléréseért e kutatók olyan tananyagokat dolgoztak ki, amelyek tájékoztatást nyújtanak a tudomány történetéről és a tudományfilozófiáról. A TuTöFi (tudománytörténet és tudományfilozófia) alkalmazását a tudomány oktatásában olyan megközelítésmódként javasoljuk, amely előmozdítja a tudomány szélesebb közönség előtti, a tömegek számára is nyitott megértésének lehetőségét. Központi jelentőségűnek tartjuk ezt a célkitűzést a modern polgári társadalom fejlődése szempontjából.

Általános szempontok

Fontos kiemelnünk, hogy az előttünk fekvő kutatási feladat a tudomány oktatásának módszertanán ('science education') mint akadémiai tudományágon belül helyezendő el, és így meg kell különböztetnünk a tudomány, a történelem és a filozófia jól ismert ágaitól. Ugyanakkor a tudomány oktatása az előbb említett és más tudományágak tudásán alapszik, és kialakítási folyamatának még abban a szakaszában található, amely remélhetőleg módszertanának egységes formájához juttatja el.

1. ábra. A tudományágak hozzájárulása a tudomány oktatásához



A fentiek ismeretében olyan tudományágak közötti (interdiszciplináris) területtel foglalkozunk, amely különböző szempontokat köt össze, és egyesíti a tudományokat a humaniorákkal. Tárgyunkról alkotott elképzelésünk – a tudomány oktatása, illetve ennek módszer-

tana – felöleli mindezeket a területeket, de persze nem teljesen esik egybe velük, sőt talán még feszültség is kialakulhat e tudományterületekkel, amely ilyen esetben természetes.

A tudománytörténet és a tudományfilozófia értelmezése a tudomány oktatásának szempontjából a TöFiTO kutatási feladatában

A tudomány története olyan folyamatot ír le, amelyet számos kulturális, filozófiai, technológiai és társadalmi természetű tényező befolyásolt. A tudománytörténet tisztázza ezek jelentését a kortárs nemzedék számára és bemutatja a tudomány sokszínű hagyományát. A tudomány története feltárja, hogy hosszú hagyomány örökösei vagyunk (senki sem kezd a legelejáról), és a tudományos tudás lényegében közös, gazdag és hatalmas hagyomány, hisz számos nagyszerű, zseniális elme meglátásaira támaszkodhatunk. „Öriások vállán állunk.”

A tudomány természetére történeti összefüggésében reflektálunk, konkrét kapcsolatot teremtve a múltbéli eseményekkel. A tudományos kérdések kézzelfogható tudományos felvetésekkel állnak kapcsolatban, ezért nem különíthetjük vagy korlátozhatjuk azokat filozofikus jellegű vitákra.

A tudósok azzal az igénnyel szembesülnek, hogy tudatosan alkossanak mind a tanárok, mind a hallgatók által használható esettanulmányokat (esettörténeteket) (például *Conant* és *Nash*, 1957; *Matthews*, 2000). Ezek tartalmazhatnak olyan lényegbevágó részleteket az eredetiekből, amelyeknek fogalmait lefordítják a jelenkori tapasztalatlan olvasó számára. Ugyanakkor kivitelezhetetlen célnak látszik a fizikának a tudomány történetén alapuló összehasonlító előadássorozatait létrehozni (például *Holton*, *Rutherford* és *Watson*, 1985, *Rutherford*, 1964), ezért az esettanulmányok a kutatási tervünkhöz legmegfelelőbb formátumot képviselik.

Oktatás és tanulás a TuTöFi kereteiben

Szándékunk, hogy olyan programot fogadtassunk el, amely a tudományt a tág értelemben vett kultúrába ágyazottnak tekinti. A tág értelemben vett művelődés magába foglalja a technológiát, a történelmet, a művészetet, a vallást, a közgazdaságot és a többi emberi tevékenységet (például *Bevilacqua*, *Giannetto* és *Matthews*, 2001, *Allchin*, 2006, *Galili*, 2007). Amellett, hogy bemutatjuk azokat a körülményeket, melyek között a tudósok egykor kifejlesztették tudásuk értékes tételeit (*Cunningham*, 1988), ez a megközelítés hozzájárul a tudomány olyan szélesebb körű megértéséhez, amely a tudományágak közötti összefüggésben megy végbe. E megközelítésmód nem szükségszerűen kívánja a tudományhoz vonzani a hallgatókat, sem nem kívánja azt, hogy szükségképp tudóssá váljanak, egyszerűen társadalmi tevékenységként, intellektuális felfedezésként, folyamatként és termékként mutatja be a tudományt, hogy előmozdítsa a tudományos műveltséget.

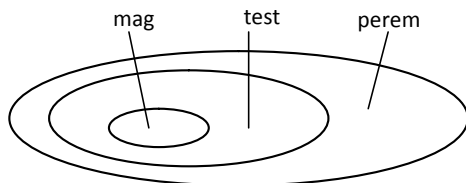
Maguk a tudományt oktató tanárok is gyakran azzal a hagyományos hozzáállással közelítenek a tudomány oktatásához, hogy az elvont és bonyolult feladat. Ennek az az oka, hogy e megközelítések arra összpontosítanak, hogy alapproblémák megoldását gyakoroltassák be. Ezzel szemben a történeti esettanulmányok összekapcsolják a tudományos tudást annak társadalmi és kulturális eredetével. A tudománytörténet megízésti a nehezen emészthető tartalmat és bevezeti a tanulót az elsajátítandó tudás összetett rendszerébe. A tudományos műveltséget növeli az, ha kulturális szemszögből tanulmányozzuk a tudomány természetét.

Úgy véljük, hogy a kulturális szempontot fölvevő tudománytörténet alkalmazása – a hallgatókat a tudományos tartalom sokkal változatosabb és mélyebb megértésével támogatva – értelmes tanulást (‘meaningful learning’) eredményez, és általában véve mindig ez a tudomány oktatásának célja. A tudás tekintetében azt, hogy valaminek jelentése van

(‘meaningfulness’), valóban a tudás összetevőinek hálózatában létrejövő sokszoros kapcsolatként határozhatjuk meg (Ausubel, 1968). A történeti esettanulmányok segítik kialakítani a tudásnak ezt a hálózatát.

Hangsúlyozzuk, hogy a tudománytörténet olyan események és esetek alapvető tárháza, amely az elhivatottság alapértékeit, a társadalmi viselkedés és hozzáállás mintáit rejt és közvetíti a következő nemzedék felé.

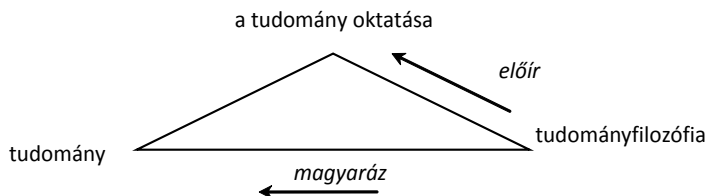
További célunk, hogy oktatói munkánkban megmutassuk, a tudomány nem csak hogy mélyen beágyazott a kultúrába, hanem önmagában is kultúrát testesít meg. Ezt a gondolatot bemutathatjuk egy alapvető tudományos elmélettel, illetve alkalmazásával, amelyet a tantárgy-kultúra háromelemű modelljének nevezhetünk (Tseitlin és Galili, 2005) (2. ábra). Ez a modell az alapvető elméletben lévő tudáselemek három területét tartalmazza: mag (vezérlő paradigmák, elgondolások és alapelvek), test (azok az összetevők, amelyeket a magok alkalmazásával szerzünk meg) és perem (alternatív tudás, olyan fogalmak és elgondolások, amelyek ellentmondanak az egyes magokban tartalmazott alapelveknek). A tudomány oktatása általában csak a mag és a test bemutatására korlátozódik. Ez a modell azonban azt állítja, és ez teszi tantárgykultúrává, hogy a perem lényegi alkatrésze a tantárgy megértésének.



2. ábra. Egy alapvető tudományos elmélet tantárgy-kultúra modellje

Ha például a mechanika newtoni elméletét a mag megtestesítőjének tekintjük, a lendület (‘impetus’) középkori elméletét a peremen kell elhelyeznünk. A tudománytörténet a peremet alkotó olyan összetevőket szolgáltatja, amelyek kontrasztként teremtik meg a mag paradigmájának jelentését.

A tudományfilozófia alapvetően hozzájárul a tudomány oktatásához (3. ábra). A tudományfilozófia a tudományos tudás átfogó jelentését szolgáltatja, és meghatározza az osztályteremben bemutatott tudományképet. Noha az oktatás és a tanulás nélkülözi a történeti szempontot, a tudományfilozófiát nem lehet figyelmen kívül hagyni és jelen van mindenütt, ahol tudományt oktatnak, akár fölismerik ezt tudatosan a tudományt oktatók, akár nem (Matthews, 1994). Még akkor is, ha a tanárok a tudomány oktatásának hagyományos tanrendjét követik, összhangban vannak bizonyos ontológiai és ismeretelméleti hagyományokkal, és ezért azokat közvetítik.



3. ábra. A tudomány, a tudományoktatás és a tudományfilozófia jelrendszertani háromszöge

A filozófia egy olyan metanyelvet biztosít, amellyel beszélni tudunk a tudományról. Az olyan fogalmak, mint elmélet, kísérlet, adat, bizonyíték, feltevés, ellenőrzés, modell

vagy analógia képes beszélni a tudományról annak sajátos tartalmán túl. Úgy véljük, ezeket a fogalmakat tudatosan meg kell vitatnunk, mikor tudományt tanítunk vagy tanulunk. Mind a tudományos tananyagot kidolgozók, mind az oktatásban résztvevő tanárok gyakran mellőzik a tudományfilozófiát és félreértik a szerepét.

A tudományt oktatók egyszerűsítésre törekedve gyakran azt a pontatlan fogalmat használják, hogy a tudomány természete, és ebbe beleértik a tudományfilozófiából származó metatudományos témákat is. Alább meg kívánjuk különböztetni azokat a szempontokat, amelyek különösen fontosak a tudomány oktatása számára.

Úgy véljük, érdemes azt az eszmét bemutatni az oktatásban általában, hogy a tudósok a „nyitott társadalom” sajátos típusában élnek. A tudományos közösség tekintélyelvű, ám a tekintély itt a racionalitáson, olyan objektív és személytelen értékelésen alapszik, amely kulturális, ember alkotta érték önmagában. A tudománynak megvannak a maga hősei: Arisztotelész, Alhazen, Leonardo, Galilei, Newton, Einstein, Bohr és sokan mások. Megvilágító erejű megtagyálni, miért váltak híressé és megbecsültté annak ellenére, hogy korunk tudósai minden aggály nélkül bebizonyíthatják, bizonyos kijelentéseik igazak, bizonyos tévesek voltak (például *Santillana*, 1955; *Koestler*, 1959; *Allchin*, 2006).

Ezenkívül nagyon fontosnak tartjuk, hogy rámutassunk az osztálytermekben arra, hogy a tudományos tudásnak nem szükségszerűen lényegi része a nemzeti hovatartozás. Bár a tudomány az európai kultúrán belül kezdődött, mára már elterjedt az egész világon. Az alapoktatás (‘introductory education’) összetett jellege ellenére, amelyet gyakran átszíneznek a helyi kultúra egyes jellemzői, a tudomány erősen nemzetek fölötti jellege áthatja a tudomány oktatását is: Arisztotelészt az egész világon tisztelik; Galileit egyaránt elismerik az olasz és más nemzetek hallgatói; Newton törvényeit az iskolák földrajzi helyzetétől függetlenül mindenütt elfogadják; Einsteint nem kapcsolják egyik nemzethez sem, de a modern tudomány „hősének” tekintik a világ minden szegletében. Továbbá a tudomány története sok esetben azt mutatja, a tudósok különösen sikeresek voltak, ha nyitottak voltak a nemzetközi együttműködésre, ha a nemzeti határokon átvélvő kapcsolatokat ápoltak.

Az alapok áttekintése után, – hogy jobban értsük az általános szempontokat – most részletezzük annak az oktatásmódnak néhány előnyös szempontját, amely a TuTöFi-re alapozott tananyagok segítségével folyik. Jelenleg a „felfedeztető” (‘inquiry-based’) oktatás jelenti a tudomány tanításának egyik kiemelkedő irányát (például *Bybee*, 2000; *Minstrel* és *van Zee*, 2000; *McBride*, 2004), állítják az oktatáspolitikát meghatározó alábbi dokumentumok: *National Science Education Standards* (NRC, 1996, *A tudomány oktatásának nemzeti szabványai*), *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993, *A tudományos műveltség jelzői*).

1. Összefüggésbe helyezett oktatás. A tanmenetet kidolgozó európai szakemberek kiemelik az összefüggésbe helyezés (‘contextualizaton’) jelentőségét a tudomány oktatása kapcsán. A TuTöFi alapú tananyagok összefüggésbe helyezik a tudományt a tanuló számára, felfedik, hogy az kibogozhatatlanul össze van fonódva a társadalommal, a közgazdasággal, az ökológiával és a kultúrával. Az összefüggésbe helyezett oktatás hozzájárul ahhoz, hogy mélyebben megértsük a tudományt, megértsük a tudomány és a társadalom közötti kölcsönhatást.

2. Problémamegoldó készségek. Az osztálytermekben az oktatás nagyon gyakran az alapproblémák megoldásának begyakoroltatásaként jelentkezik. Ugyanakkor nemzetközi összehasonlító tanulmányok (PISA = Programme for International Student Assessment – Nemzetközi Tanulói és Tudásszintmérő Program, és TIMSS = Trends in Mathematics and Science Study – A Matematika és a Természettudomány Nemzetközi Összehasonlító Teljesítménymérése) azt mutatják, hogy számos európai országban a hallgatók csak szerény tudományos műveltségre tesznek szert és alacsony a problémamegoldó készségük.

A tudomány természetéről alkotott elgondolások ismerete pozitívan hat arra, hogy a hallgatók sikeresen becsülhessék fel a témát (például *Halloun és Hestenes*, 1998). A TuTöFi-alapú tananyagok biztosíthatják a tudás e két szempontja közötti kapcsolatot. A hallgatók sokkal valószínűbb képet kapnak arról, hogyan oldják meg a problémákat a tudományban. Ésszerűbb, ha mi, oktatók teszünk pozitív hatást tevékenységünkkel a hallgatók problémamegoldó elemzőképességére, mintha nekik maguknak kellene észrevenniük azt az erőfeszítést, amit a tudósok kifejtének a problémák önálló megoldása érdekében.

3. Fogalmi tudás. A tudományos fogalmak és elgondolások sokkal érthetőbbek egy bevezetés keretében, mint a modern tudományágak formalizmusában elővezetve. Ez a megközelítés egybevág a genetikus ismeretelmélet Piaget (1970) javasolta eszméjével, amely további megerősítést nyert a fogalmi szinten végbemenő pszichogenetikus ismétlés alátámasztásával.

4. A tudomány természete. A tudomány, a történelem, a filozófia, a tudományszociológia, valamint a tudomány oktatásának szakértői azt a következtetést vonták le egy Delphi módszerrel készített tudományközi tanulmányban, hogy a tudomány oktatásának egyik fő célkitűzése annak megtanítása, hogy mi a tudomány természete, milyen a tudomány világában (*Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar és Duschl*, 2003). A szakértők egyetértenek abban, hogy a tudomány művelése megköveteli valamilyen tudományos módszer hasznosítását a felhalmozott empirikus bizonyíték értelmes rendszerbe állítására, miközben számításba kell vennünk a tudományos tudás társadalmi és kulturális szempontjait (*Bybee*, 1997; *Akerson és Abd-El-Khalick*, 2000; *Bianchini és Colburn*, 2000; *Khishfe és Abd-El-Khalick*, 2002; *Schwartz és Crawford*, 2004). Ezek a szempontok gyakran érintkeznek azzal, amit tudományos műveltségnek tartunk. A TöFiTO azt tekinti céljának, hogy hozzájáruljon ezen készségek kifejlődéséhez a megfelelő TuTöFi-anyagok kidolgozásával.

5. Modern állampolgárság. A tudomány tanulása a racionális gondolkodás megtanulását vonja maga után: kritikai, elemző, összefüggő és az egészet látó gondolkodásmód kialakulását. Alapvető követelmény a döntéseket demokratikusan hozó társadalomban, hogy a tanuló kompetens döntéshozóvá váljon, hogy e társadalom aktív polgára legyen. A társadalmi és a tudományos szféra összefonódása jellemző a bennünket körülvevő valóságot. A modern társadalom folyamatosan növekvő mértékben függ a tudományos tudástól, ezért megköveteli a tudományról szerzett ismereteket mind a politikacsinalóktól, mind a szélesebb közönségtől. Az energiaválság, a nukleáris energia alkalmazása, a globális fölmelegedés, az ózonlyuk, a géntechnológia, a modern orvostudomány csak néhány példa arra, ahol szükségünk van a tudományos művelésre, érett humanista és racionális világnézetre. Ezért kell a hallgatóknak a tudományt az iskolában olyan széles horizonttal rendelkező látókörből tanulniuk, amely minőségi elveket vesz alapul. A tudomány történetéből vett esettanulmányok példázzák a kifinomultság különböző szintjein lévő tudományos műveltséget. Példákon keresztül mutatják meg, hogyan gondolkodtak a nagy elmék a tudományról mint egészről. Ez utóbbi tanúbizonyságnak döntő szerepe van abban, hogy a jövő polgáraiban kifejlődjön a tudomány eredményeivel kapcsolatos tudás és a képesség azok értékelésére, hogy megértsék ezen eredmények érvényességének határait, valamint következményeinek kényszerítő erejét és elismerjék a tudomány igényeit.

Zavart okoz a hallgatók fejében, ha a valóságtól elvont módon mutatják be a tudományt. Túl gyakori, hogy a hallgatókat elárasztják az okos válaszokkal, mielőtt még méltatni tudnák a kérdéseket. Ez a megközelítésmód megfosztja a tudományt humánus jellegétől, és a hallgatókban a tudományról és céljairól éppen az ellentétes képet alakítja ki, többeket elriaszt a tudomány tanulmányozásától. Változtatásra van szükség ahhoz, hogy elősegítsük az emberek képességeinek kibontakozását és fönntartsuk tudomány iránti érdeklődésüket. Tesszük mindezt azért, hogy kialakítsuk bennük az élethosszon át

tartó tanulás igényét. A történeti esettanulmányok javíthatnak a helyzeten azáltal, hogy a hallgatókban valós képet alkotnak a tudományról mint olyan folyamatról, amelyben hétköznapi emberek vesznek részt érzéseikkel, problémáikkal, kételyeikkel, hibáikkal, reményeikkel, rajongásukkal és döntéseikkel. A történeti esettanulmányok képesek emberi törekvésként bemutatni az igazi tudományt, a tudósokat pedig olyan embereként, akiket vonzó tevékenységek és kihívó célok foglalnak le, olyan problémákkal foglalkoznak, amelyek fontosak a társadalom számára. A kutatók faji vagy társadalmi hovatartozásuktól függetlenül nemzetközi, koedukált közösségekben dolgoznak fenntartva a nemzedékeken és civilizációkon át húzódó folyamatos párbeszédet.

Az, amit a tanulóknak az iskolában elmondanak, még szélesebb közönség, nevezetesen a tudományos múzeumok látogatói számára is igazak. A múzeumok a modern elképzelés szerint nem korlátozódnak arra, hogy bemutassák legértékesebb tárgyaikat („nem elég bámulni”), hanem megpróbálják fölkelteni látogatóik képzeletét, kezdeményező-készségét, önállóságát. A tudomány megtanulásának folyamata magába öleli a tudományos gondolatmenet újragondolásának tevékenységét és a tudományos fejlődés gyakorlati megértését. E két szempont közlésének alkalmas eszköze az a felfedezettve tanítás ('inquiry method'), amely alkalmazza a tudományos színházat és a kísérleti bemutatókat.

A TuTöFi alapú oktatás alapjában ellentmond a tudományok versus humaniórák „két kultúra” néven ismert elavult dichotómiájának (Snow, 1963). A történeti esettanulmányok tulajdonképpen egyesítik a tudományt a humaniórakkal, és teszik ezt egy annyira széles összefüggésben, amely vonzó azon hallgatók népes csoportja számára, akik kiegészítő viszonyt keresnek az ember intellektuális tevékenységének e két megnyilvánulása között. Ennek következtében a tudomány oktatásához való hozzáállásunk vonzó lehet a különböző gondolkodásmódokat előnyben részesítő hallgatók számára.

A TöFiTO olyan oktatási és tanulmányi anyagok kidolgozására összpontosít, amelyek előmozdítják mindezen szempontok megvalósulását.

A szakadékok áthidalása

Oktatók

Az olyan nemzetközi fölmérések, mint a PISA és a TIMSS, kimutatták, hogy a tudomány oktatását túlnyomó részben az oktatók irányítják. Az oktatás új megközelítésmódjainak elfogadása vagy elvetése szinte csak az oktató fölfogásán és támogatásán múlik. Az oktatók akkor hajlandók elfogadni a változtatást a tanításban, ha az oktatásról kialakított eszméik, hitrendszerük egybecseng az újítással (Waters-Adams, 2006). A kutatók rámutatnak, hogy az oktatók hajlamosak azt gondolni, a hallgatók spontán módon szerzik meg a tudomány természetéről a tudást a tudomány tanulásának menetében anélkül, hogy ezzel kapcsolatban kifejezett felvilágosítást kapnának. Emiatt az oktatók tartózkodnak pedagógiai feladatuktól, különösen, ha szilárd meggyőződéssel rendelkeznek a tudomány természetéről (Abd-El-Khalick, Bell és Ledermann, 1998; Akerson, 2003; Brickhouse, 1990; Hodson, 1993; Lederman, 1992; Lederman és Zeidler, 1987).

Tananyagok

Elég csak áttekintnünk az iskolai tankönyveket, hogy fölfedezzük, mennyire hiányosan mutatják be a TuTöFi-tartalmat. Ritkán említik meg egyáltalán a történelmet, a tudományról és kibontakozásáról túlnyomórészt úgynevezett Whig nézeteket kínálnak (amely a múltból a jelen felé tartó egyenes fejlődést láttat). Ezért azok a tanárok, akik szeretnék becsempészni a TuTöFi-t a tanmenetbe, a megfelelő anyagok hiányától szenvednek: nincsenek kéznél olyan tankönyvek, feladatlap, kérdés- és problémagyűjtemények, ame-

lyek segítségével bevonhatnák a hallgatókat a munkába. Ha az oktatók és a hallgatók munkáját megkönnyítenénk olyan anyagokkal, amelyek megfelelő módon mutatják be és irányítják az általunk javasolt oktatást és tanulást, az felgyorsítaná a TuTöFi tudomány-oktatásba való bevonásának sikerét.

Az oktatói szakértelem hálózatosítása

A tudomány iskolai oktatása hasznossá válhat története és a filozófia támogatásával, ha megszervezzük a különböző oktatási források együttműködését. Nem tennék bölcsen az iskolák, ha figyelmen kívül hagynák az olyan intézményeket, mint a tudományos múzeumok, amelyek hasonló célokat igyekeznek megvalósítani, nevezetesen a tudományos műveltséget szeretnék fejleszteni a társadalomban. A tudományos múzeumok látogatása során szerzett ismeretek, valamint a múzeumi előadások meghallgatása jól kiegészítheti az iskolatermekben folyó oktatást, módszert és tapasztalatot lehet megosztani. Ezenkívül a tanárképzés szakértői sokban hozzájárulhatnak a tananyagok, az oktatási technikák és azok alkalmazásának sokféleségéről szerzett ismereteikkel.

Mindezen igények felsorolása lehetőséget teremt arra, hogy képesek legyünk eleget tenni a National Academy of Sciences (Nemzeti Tudományos Akadémia) alábbi kívánalmának (NRC, 1996):

„A tudomány oktatása során a hallgatóknak meg kell érteniük, hogy a tudomány visszatükrözi történetét és folyamatos, változó vállalkozás. A tudomány történetéből és jellegéből fakadó kívánalmak a tudománytörténetnek az iskolai tudományos programok során történő alkalmazása mellett szólnak, hogy tisztázzák a tudományos kutatás különböző szempontjait, a tudomány emberi szempontjait, és azt a szerepet, amelyet a tudomány játszott a különböző kultúrák kibontakozásában.”

Oktatáspolitikai szempontok

Kutatási tervünk megoldási javaslatot kínál a jelenlegi oktatási rendszernek arra az égető problémájára, amely nyilvánvalóvá vált az olyan többszintű értékelések során, mint a PISA, a TIMSS és egyéb programok, amelyek a hatékony oktatást vizsgálják és a tudomány iránti érdeklődés hanyatlását jelzik. Az oktatás hagyományos formái nem hatékonyak. E tudásszintmérő programok kimutatták, hogy a hallgatóknak csak kevesebb, mint fele képes hasznosítani azokat a hagyományos előadásmódokat, ahogy a tudományt oktatják (például longitudinális tanulmány a 9. és a 10. osztályban, *Prenzel, Baumert, Blum, Lehmann, Leutner, Neubrand, Pekrun, Rost és Schiefele, 2007*). Továbbá az Eurobarometer és az előbb említett tanulmányok közelmúltbeli áttekintései szerint (*Häußler, Hoffmann, Langeheine, Rost és Sievers, 1996*) visszaesett a tudomány oktatása iránti érdeklődés a tudományt hallgató sok európai tanulónál.

A tudomány oktatásának félreérthetetlen terjeszkedése a modern társadalomban a tudomány tanítását egyfajta iparrá alakította át, amely társadalmunk működését és fejlődését elősegíteni képes tanult nemzedéket termel. Az olyan többszintű értékelések, mint a PISA, a TIMSS kimutatják az e folyamat iránti társadalmi érdeklődést. Ezek az alapvető felmérések a népességnek arra az átlagos eredményességére összpontosítanak, amely szükséges ahhoz, hogy fennmaradjon a technológiától rendkívül függő társadalmunk.

A TuTöFi és az oktatás céljai

Jellegénél fogva a TuTöFi-tananyagokat nem kell az iskolai tanmenetekre korlátozni. A tudomány oktatásának és a tudományról való tanulásnak a hivatalos képzésen túli számos formája van. Szándékunkban áll, hogy a művelődésnek erre a folyamatára buz-

dítsunk, amely a tanulók átalakulását jelenti, miközben kialakítják a tudománnyal, a kultúrával és a társadalommal kapcsolatos világnézetüket és általános hozzáállásukat. A TuTöFi-n edzett hallgatók megismerkednek saját kultúrájuk és társadalmuk képviselte értékekkel. Gyakran hiányzik a történelem általános iskolai oktatásából a tudománynak az a történeti tartalma, melyre büszkék vagyunk, és gyakran más, olykor humanisztikus értékeküket tekintve lényegtelenebb témák tolokodnak be. A filozófia iskolai oktatása nem ritkán hiányzik a modern osztálytermekekből. Ebben a helyzetben a TuTöFi tananyagok használata lényeges szerepet játszik az oktatásban általában, mert a hallgatóknak kultúrában való jártasságot biztosít, és olyan felelős polgári magatartásra készíti fel őket, melynek révén képesek lesznek reflektálni arra a társadalmi valóságra, amelyben élnek.

A TuTöFi-tananyag például tartalmazhatja Galilei és az egyház között az arról a monopóliumról folytatott párbeszédet, hogy ki/mi határozhatja meg az emberek világnézetét, ennek a racionális érveléstől való függését, és az arra való jogukat, hogy részt vehessenek az életmódjukkal kapcsolatos döntéshozatalban. A másik példa a tudósok viselkedése és morális tépelődése az atomenergia alkalmazásának kifejlesztése kapcsán, amely egyfelől riasztó megsemmisítő ereje miatt, másfelől áhított az energiaellátás miatt, amely igazi kihívás a modern társadalom léte szempontjából. Az osztálytermek tudományos elbeszéléseinek szimpatikus „hőse” lehet Einstein, Oppenheimer, Bohr, Heisenberg, Szaharov, Fuchs és a többi kutató. Az ilyen tananyagok tartalmának, szerkezetének kidolgozásakor figyelembe kell vennünk, hogy építenünk kell a hallgatók szempontjaira, hozzáállására, érdeklődésére és képességeire is (*Höttecke*, 2007).

Ebből a szempontból foglalkoznunk kell azzal, hogy a különböző nemű emberek hogyan viszonyulnak a tudományhoz (*Zohar és Sela*, 2003). Kutatás igazolja (*Heering*, 2000; *Baker és Leary*, 1995), hogy a női és a férfi hallgatók eltérő hozzáállást mutatnak a tudomány iránt. A nők a tudomány mint párbeszéd iránt mutatnak érdeklődést, és előnyben részesítik az osztályterem kölcsönösséget elősegítő légkörében folytatott tanulást. A hölgyek különösen sok hasznot húzhatnak abból, ha a tudomány oktatása a sokkal nyitottabb kutatási tevékenység felé tolódik el, és a tudományos tudást fejlődő, változtatható, valamint emberi módon mutatja be.

Szinte két külön világban élnek a gyakorló tanárok és az oktatási kutatók, illetve tananyagfejlesztők (*Monk és Osborne*, 1997). Ez a megfigyelés rámutat arra, milyen akadályok gördülhetnek a TuTöFi-alapú tananyagok hatékony alkalmazása elé. Számításba kell vennünk ezt a problémát a történeti esettanulmányok kidolgozásakor. Nem csak azt kell szem előtt tartanunk, hogy megfelelő-e a tartalom, hanem azt is, hogy elmesélhető-e az osztályteremben, és hogyan építhető be a tanítás tényleges menetébe. Ez olyan módszertant igényel, mint a „akciókutatás” (‘action research’) (például *Altrichter és Posch*, 1998) vagy a „résztvételi akciókutatás” (participative action research) (*Eilks, Parchmann, Gräsel és Ralle*, 2004). Mindazon résztvevő számára, aki kutatási tervünket megtisztelti munkájával olyan termékeny és megbízható keretet kell teremtenünk, amely lehetővé teszi mind a tudományt oktató tanároknak, mind a kutatóknak, hogy szakértelmükkel közreműködhessenek a tanegységek fejlesztésében. Feltételezzük, hogy a TuTöFi alapú tananyagok hatékony alkalmazását minden oktatási terület jótékonyként fogja üdvözölni.

A felsőoktatási kutatás szempontjai

Kutatási tervünk kísérlete főként abból a tudásanyagból táplálkozik, amely a közelmúltban halmozódott fel a tudományoktatásról folytatott kutatási eszmecserében (például *Matthews*, 1994). A projekt visszatükrözi a tudományoktatás sajátos szükségleteit és az e területen működő tudósok sajátos elképzelését.

A tudományoktatás olyan tudományág, amely számos alapvető megközelítésmódot kidolgozott, és ezek megmagyarázzák mind a tudomány tanulásának-tanításának folyamatát, mind javasolnak valamilyen alapvetést a tanmenet kialakítása számára. Ilyen megközelítésmódokkal számolhatunk: „konstruktivista oktatás” (‘educational constructivism’), „rekonstrukción alapuló oktatás” (‘educational reconstruction’), „didaktikai átalakítás” (‘didactic transposition’), „felfedezettve tanulás” (‘inquiry learning’), „tanítás modellezés segítségével” (‘teaching by modeling’), „tantárgykultúra” (‘discipline-culture’). Mindegyik megközelítésmódnak megvan a maga előnye és hátránya. Egyedül egyikük sem nevezi meg és teszi érthetővé a tudomány társadalmunk által igényelt oktatásának összes szempontját. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk elképzelésünknek azokat a főbb pontjait, amelyeket kutatási bizonyítékok támasztanak alá.

Elég szabatosan megfogalmaztuk itt bemutatott célkitűzéseinket. Amit tudományként tulajdonképp meg kell tanulnunk, nagyban függ az elfogadott oktatási céloktól. Tény, hogy különböző oktatási célokat kell kitűznünk azon hallgatóink elé, akik fizikussá, mérnökké, tudományos oktatóvá vagy hivatásossá szeretnének válni a tudomány, a technológia és a humaniorák bármely területén. Mindazonáltal a célok óriási különbözősége ellenére mégiscsak fölfedezhetjük az egyetemes tudásnak azt a közös magvát, amelyet a tudományos tudás „kulturális alapjának” nevezünk. A tudományos alapoktatás (‘introductory education’) során kell megtanítani ezt az alaptudást.

Sok tanulmány megállapította, hogy a hallgatók tudományos tudásának megszerzése, valamint fejlődése, illetve a hallgatóknak a tudásról alkotott ismeretelméleti nézetei nagyban hatnak a tudományhoz való hozzáállásra és a tanulás folyamatára (Baumert, Bos, Brockmann, Gruehn, Klieme, Köller, Lehmann, Lehrke, Neubrand, Schnabel, Schwippert és Watermann, 1993; Halloun és Hsai, 1998; Hogan, 2000; Lising és Elby, 2005; Songer és Linn, 1991; Tsai, 1999; Urhahne és Hopf, 2004). A tanári gyakorlat, illetve kutatási beszámolók megmutatták, hogy hatékony a történelmet szem előtt tartó oktatás a tudomány természetét bemutató tanításban (Solomon, Duveen, Scot és McCarthy, 1992; Barth, 1999; Irwin, 2000; Heering, 2000; Galili és Hazan, 2001; Lin és Chen, 2002; Solbes és Traver, 2003; Howe és Rudge, 2005; Mamlok-Naaman, Ben-Zvi, Hofstein, Menis és Erduran, 2005; Seker és Welsh, 2005; Dedes és Ravanis, 2008).

Az oktatók szakmai továbbképzésének szempontjai

Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a tudomány története az események és konkrét esetek olyan megkerülhetetlen forrása, amely a következő nemzedék számára bemutatja és közvetíti az önzetlenség kívánalmát, a társadalmi viselkedés és alapmagatartás standardját, az elméletek, modellek, kísérletek szépségét és eleganciáját, a problémák megoldásának hogyanját, a laboratóriumi eszközöket és a tudomány, illetve termékeinek számos más szempontját. Ebből a szempontból egyetlen kijelentés sem versenyezhet a megtörtént esetekkel. Ezek a történetek teszik kézzelfoghatóvá azokat az elvont alapelveket és értékeket, amelyeket a múlt tudósai a magukénak vallottak. Ez az oktatás teremti meg a tudomány ethosáról, standardjairól, értékeiről alkotott képet. A történeti esetek ezen zsinórmértékek felállítása révén jellegzetes példákkal ismertetik meg korunk ifjúságát és megszólítják őket, hogy elfogadják ezeket az értékeket és elkötelezzék magukat a tudás építésének abban a nehéz, ám élvezetes munkájában, amely föltárja a Természet titkait. Ez a tudományoktatásról alkotott elképzelés érintkezik a „művelődésről” (‘Bildung’) alkotott elgondolással (Benner, 1990).

Például az elektromosság oktatásának történeti összefüggésébe belefoglalhatjuk a villamosítást, az iparosítást, valamint a technológiai alkalmazások elterjedését, illetve az életmód változásait. Az atomenergia témáját másképp kell megértenünk, és nagyobb elmélyülést kíván meg, ha a tanulók belemerülnek az atommal kapcsolatos kutatások

szövevényébe (eredmények és hibák), a szuperhatalmak atomfegyver-versengésébe stb. A mechanikával kapcsolatos tudás hasonlóképp jelentőségteljes gyarodását lehet elérni a rakéta- és űrprogramok – Holdra és Marsra küldött űrhajók – társadalmi összefüggésének bemutatásával. A tudományos újítások ökológiai problémákhoz vezethetnek. Az ezzel kapcsolatos etikai problémákat a gyerekek úgy értékelhetik és ítélik meg, ha tanulnak a tudományról. Még szélesebb tematika kerül látókörünkbe, ha a technológiai változások fenntarthatóságának és veszélyének elemzését társadalmi összefüggésében vizsgáljuk, amely kimagasló jelentőségre tett szert az elmúlt évtizedekben; gondolunk itt például az archaikus és modern biotechnológiára, a gyógyászati diagnosztikára és terápiára, vagy az egészségre veszélyes ipari munkafolyamatokra.

Hozzátennénk, hogy a történeti problémák egyszerűbbek lehetnek, mint a jelenkori tudományos felvetések, és közelebb állhatnak az osztálytermekben általában megvitatásra kerülő kérdésekhez. Ezek álltak a múlt tudományos eszmecseréinek középpontjában és az alapoktatás alkalmas témái lehetnek.

A TuTöFi alapú tartalmak lényegesen az oktatók számára, mert újragondolják a történeti vitákat és újrajátsszák a kísérleteket, föltárják, hogyan működik a tudomány, és általában olyan tapasztalati jártasságra tesznek szert a tanárok, amellyel egyébként nem rendelkeznek. A TuTöFi-tananyagok betekintést nyújtanak a „tudomány boszorkányműhelyébe”, megmutatják, hogy a tudomány kísérletező jellegű, nem változatlan, és szükségszerűen a korábbi elméletekből és tapasztalati bizonyosságokból merít. Ez a tudás támogatja az oktatók abbéli képességeit, hogy jó irányba vezessék az osztályban kialakuló vitákat és kutatásokat, képessé teszi őket arra, hogy jobban értsék a hallgatók közreműködését. A tudományt oktató tanárok a TuTöFi-anyagok segítségével olyan pedagógiai szempontból lényegbevágó tartalmi tudást kapnak kézhez (Shulman, 1986; Loughran, Berry és Mulhall, 2006), amelyre szükségük van a kutatói oktatásban, a tudományról szóló tanításban (Abd-El-Khalick és Lederman, 2000).

Irodalom

AAAS – American Association for the Advancement of Science (1993): *Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press, New York.

Abd-El-Khalick, F. és Lederman, N. G. (2000): The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37. 10. sz. 1057–1095.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. és Lederman, N. G. (1998): The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82. 4 sz. 417–436.

Akerson, V. L. és Abd-El-Khalick, F. (2003): Teaching Elements of Nature of Science: A Yearlong Case Study of a Fourth-Grade Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40. 10. sz. 1025–1049.

Akerson, V. L. Abd-El-Khalick, F. és Lederman, N. G. (2000): Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37. 4. sz. 295–317.

Allchin, D. (2006): *Debating Galileo's Dialogue. The 1633 Trial*. <http://my.pclink.com/~allchin/1814/retrial/index.htm>

Altrichter, H. és Posch, P. (1998): *Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methode der Aktionsforschung*. 3. kiadás. Klinkhardt, Bad Heilbrunn.

Ausubel, D. (1968): *Educational Psychology – A Cognitive view*. Holt, Rinehart és Winston, New York.

Baker, D. és Leary, R. (1995): Letting girls speak about science. *Journal of Research in Science Teaching*, 32. 1. sz. 3–27.

Barth, M. (1999): *History of Science in Secondary Education: Experiences from the Classroom*. Paper presented at the conference „Science as Culture” in Pavia, Sept. 1999.

Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Köller, O., Lehmann, R., Lehrke, M., Neubrand, J., Schnabel, K. U., Schwippert, K. és Watermann, R. (2000): *TIMSS/III–Deutschland. Der Abschlussbericht. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn*. Berlin. 2006. 11. 10-i megtekintés, http://www.timss.mpg.de/TIMSS_im_Ueberblick/TIMSSIII-Broschuere.pdf

- Benner, D. (1990): Wissenschaft und Bildung. Überlegungen zu einem problematischen Verhältnis und zur Aufgabe einer bildenden Interpretation neuzeitlicher Naturwissenschaft. *Zeitschrift für Pädagogik*, **36**. 4. sz. 597–620.
- Bevilacqua, F., Giannetto, E. és Matthews, M. (2001, szerk.): *Science Education and Culture. The Contribution of History and Philosophy of Science*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bianchini, J. A. és Colburn, A. (2000): Teaching the Nature of Science through Inquiry to Prospective Elementary Teachers: A Tale of Two Researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, **37**. 2. sz. 177–209.
- Brickhouse, N. W. (1990): Teachers' Beliefs about The Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, **41**. 3. sz. 53–62.
- Bybee, R. (1997): *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Heilmann, Portsmouth.
- Bybee, R. (2000): Teaching Science as Inquiry. In Minstrell, J. és van Zee, E. H. (szerk.): *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.
- Conant, J. B. és Nash, L. K. (1957): *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Cunningham, A. (1988): Getting the game right: Some plain words on the identity and invention of science. *Studies in the History and Philosophy of Science*, **19**. 3. sz. 365–389.
- de Santillana, G. (1955): *The Crime of Galileo*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Dedes, C. és Ravanis, K. (2008): History of Science and Conceptual Change: The Formation of Shadows by Extended Lights Sources. *Science & Education*.
- Edmondson, K. M. és Novak, J. D. (1993): The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, **30**. 6. sz. 547–559.
- Eilks, I., Parchmann, I., Gräsel, C. és Ralle, B. (2004): Changing teachers' attitudes and professional skills by involving teachers into projects of curriculum innovation in Germany. In: Ralle, B. és Eilks, I. (szerk.): *Quality in practice oriented research in science education*. Shaker, Aachen. 29–40.
- Falk, J. H., Dierking, L. D. és Foutz, S. (2007, szerk.): *In Principle, In Practice. Museums as Learning Institutions*. Lanham, Altamira.
- Galili, I., és Hazan, A. (2001): The Effect of a History-Based Course in Optics on Students' Views about Science. *Science & Education*, **10**. sz. 7–32.
- Galili, I. (2007): Thought Experiment – establishing conceptual meaning. *Science & Education*. <http://www.springerlink.com/content/p80643648020310v/>.
- Halloun, I. A. és Hestenes, D. (1998): Interpreting VASS dimensions and profiles. *Science & Education*, **7**. 6. sz. 553–577.
- Häubler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J. és Sievers, K. (1996): Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **2**. 3. sz. 57–69.
- Heering, P. (2000): Getting shocks: Teaching Secondary School Physics through History. *Science & Education* **9**. 4. sz. 363–373.
- Hodson, D. (1993): Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: Some preliminary findings. *Interchange*, **24**. sz. 41–52.
- Hogan, K. (2000): Exploring a Process View of Students' Knowledge about the Nature of Science. *Science Education*, **84**. sz. 51–70.
- Holton, G. és Brush, S. G. (1985): *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*. 2. kiadás. Addison-Wesley, Cambridge, MA.
- Holton, G., Rutherford, F. J. és Watson, F. G. (1970): *Project Physics*. New York – Toronto.
- Höttecke, D. (2007): Historisch orientierter Physikunterricht (Teaching physics with history). In Mikelskis-Seifert, S. és Rabe, T. (szerk.): *Physikmethodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin.
- Howe, E. M. és Rudge, D. W. (2005): Recapitulating the History of Sickle-Cell Anemia Research. *Science & Education*, **14**. 3–5. sz. 423–441.
- Irwin, A. R. (2000): Historical Case Studies: Teaching the Nature of Science in Context. *Science Education*, **84**. 1. sz. 5–26.
- Khishfe, R. és Abd-El-Khalick, F. (2002): Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, **39**. 7. sz. 551–578.
- Koestler, A. (1959): *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*. Hutchinson, London.
- Lederman, N. G. és Zeidler, D. L. (1987): Science teachers, conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behaviour? *Science Education*, **71**. 5. sz. 721–734.
- Lederman, N. G. (1992): Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**. 4. sz. 331–359.
- Lin, H.-S. és Chen, C.-C. (2002): Promoting Preservice Chemistry Teachers' Understanding about the Nature of Science through History. *Journal of Research in Science Teaching*, **39**. 9. sz. 773–792.

- Lising, L. és Elby, A. (2005): The Impact of Epistemology on Learning: A Case Study from Introductory Physics. *American Journal of Physics*, **73**. 4. sz. 372–382.
- Loughran, J., Berry, A. és Mulhall, P. (2006): *Understanding and Developing Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Mamluk-Naaman, R., Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Menis, J. és Erduran, S. (2005): Learning Science through a Historical Approach: Does It Affect the Attitudes of Non-Science-Oriented Students towards Science? *International Journal of Science & Math Education*, **3**. 3. sz. 485–507.
- Matthews, M. R. (1994): *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. Routledge, New York.
- Matthews, M. R. (2000): *Time for Science Education: How Teaching History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy*. Kluwer-Plenum, New York.
- McCloskey, M. (1983a): Intuitive Physics. *Scientific American*, **248**. 4. sz. 122–130.
- Minstrel, J. és van Zee, E. H. (2000, szerk.): *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.
- Monk, M. és Osborne, J. (1997): Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model of development of pedagogy. *Science Education*, **81**. 4. sz. 405–425.
- NRC – National Research Council (1996): *National science education standards*. National Academy Press, Washington, DC.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. és Duschl, R. (2003): What „Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, **40**. 7. sz. 692–720.
- Pagliarini, C. de R. és Silva, C. C. (2007): History and Nature of Science in Brazilian Physics Textbooks: Some Findings and Perspectives. Paper presented at the Ninth International History, Philosophy, Sociology és Science Teaching Conference (IHPST), Calgary, Canada, June 28–31, 2007. 03. 05-i megtekintés, <http://www.ucalgary.ca/ihpst07/proceedings/IHPST07%20papers/2122%20Silva.pdf>
- Piaget, J. (1970): *Genetic Epistemology (Woodbridge Lecture)*. Columbia University Press, New York.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, R., Neubrand, M., Pekrun, R., Rost, J. és Schiefele, U. (2007, szerk.): *PISA-Konsortium Deutschland (o. J.). PISA 2003 – Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres. Zusammenfassung*. 2007. 02. 22-i megtekintés, http://pisa.ipn.uni-kiel.de/PISA_2003_Kompetenzen_twicklung_Zusfsg.pdf
- Rahm, J. és Charbonneau, P. (1997): Probing Stereotypes through Students' Drawings of Scientists. *American Journal of Science*, **65**. 8. sz. 774–778.
- Rutherford, F. J. (1964): The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, **2**. sz. 80–84.
- Schwartz, R. S. és Crawford, B. A. (2004): Authentic Scientific Inquiry as Context for Teaching Nature of Science. In: Flick, L. B. és Lederman, N. G. (szerk.): *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Kluwer Academic, Dordrecht. 331–355.
- Seker, H. és Welsh, L. C. (2005): *The Comparison of Explicit and Implicit Ways of Using History of Science for Students Understanding of the Nature of Science*. Paper prepared for the Eighth International History, Philosophy, Sociology és Science Teaching Conference (IHPST), Leeds, UK.
- Shulman, L. S. (1986): Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, **15**. 2. sz. 4–14.
- Snow, C. P. (1963): *The Two cultures*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Solbes, J. és Traver, M. (2003): Against a Negative Image of Science: History of Science and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science & Education*, **12**. sz. 703–717.
- Solomon, J., Duveen, J., Scot, L. és McCarthy, S. (1992): Teaching about the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**. 4. sz. 409–421.
- Songer, N. B. és Linn, M. C. (1991): How do Students' Views of Science Influence Knowledge Integration. *Journal of Research in Science Teaching*, **28**. 9. sz. 761–784.
- Tsai, C. C. (1999): Scientific Epistemological Views and Learning in Laboratory Activities. *International Journal of Science Education*, **83**. sz. 654–674.
- Tseitlin, M. és Galili, I. (2005): Teaching physics in looking for its self: from a physics-discipline to a physics-culture. *Science & Education*, **14**. 3–5. sz. 235–261.
- Urhahne, D. és Hopf, M. (2004): Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **10**. sz. 70–86.
- Waters-Adams, S. (2006): The Relationship between Understanding of the Nature of Science and Practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, **28**. 8. sz. 919–944.
- Zohar, A. és Sela, D. (2003): Her physics, his physics: gender issues in Israeli advanced placement physics classes. *International Journal of Science Education*, **25**. 2. sz. 245–268.