

# A FIZIKA TANÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES TANÁRI TUDÁS RENDSZERE – II. RÉSZ

Radnóti Katalin, ELTE TTK Fizikai Intézet

Adorjáné Farkas Magdolna, Arany János Általános Iskola és Gimnázium

## A tanulási folyamat elősegítése a fizika tanítása során<sup>1</sup>

A modern kognitív pszichológia az információfeldolgozás tudástartalomból és konkrét szituációhoz (kontextushoz) kötöttségében hisz. Képességeink vannak, de azok nem valamilyen elkülönült, minden szituációs és tartalmi kötöttségtől mentesíthető kognitív operátorok, hanem erősen tartalom- és kontextusfüggő „valamik”. Úgy képzelhetjük el, hogy az információfeldolgozást mindig konkrét tartalomhoz és szituációhoz kötött, specifikus tudásrendszerek végzik, és valójában a tudásrendszerek minőségétől függ a működés eredményessége. Például az, amit a feladatmegoldó képességrendszer működéseként „érzékelnünk” nem más – ezen elképzelés szerint –, mint a konkrét feladatokhoz köthető tudásrendszerek működése.

Különös figyelmet érdemelnek azok a tudáselemeink, amelyek összességének neve a kognitív pszichológiában *metakogníció* [10]. Ez a fogalom azon tudásunkat jelenti, amit *saját magunk és mások kogníciójával* (gondolkodásával, tanulásával, problémamegoldásával, kommunikációjával) kapcsolatban birtokolunk. Tudhatjuk, hogy milyen úton, módon szoktunk fizikafeladatokat megoldani. Tudhatjuk, hogy milyen gondolkodási trükköket érdemes bevetni egy-egy nehezebb probléma megoldása során. Lehet ismeretünk arról is, hogy milyen tanulási stílus felel meg nekünk a legjobban, és ezt a stílust követhetjük mindenfajta tanulás során.

A tanulási folyamat során a tudás változik, formálódik, a konstrukciós folyamatok közben átstrukturálódik, és ebben az irányító szerepet betöltő tényezők nem a kívülről érkező ingerek, hanem maga ez az előzetes tudás. Mindig a meglévő tudásunknak megfelelően értelmezzük a jelenségeket, a *jelenségek* (a tapasztalati világunk elemei) a *kiszolgáltatók* az értelmezési mechanizmusoknak és nem fordítva.

A tanulók képesek a fizikai kísérletek eredményeit *másképpen látni*, mint ahogy azt a pedagógus interpretálja. Az ugyanolyan magasról elengedett, különböző tömegű testek közül a tanulók döntő többsége minden életkorban a nehezebbet látja leesni hamarabb, még akkor is, ha műszerekkel kimutathatóan észlelési határon belüli időkülönbséggel érnek talajt. Általános iskola alsó tagozatában tanuló gyerekek elhűlve tapasztalják, hogy két pohárból ugyanakkora mennyiségű, egyaránt

30 °C-os víz összeöntésekor a közös hőmérséklet 30 °C lesz és nem 60 °C, ahogy ők jósolják, és elkezdik vizsgálgatni a hőmérőt, hogy nem hibás-e.

Ugyancsak a műszerek hibáira gyanakodnak akkor, amikor az egyenáramú körben, ha az áramkör zárt, bármely hurokra a voltmérő 0 feszültséget mér.

Az általunk itt említett jelenségek oka nem az, hogy a gyerekek valamit nem tanultak meg jól, rosszul gondolkodnak, vagy nem elég alaposak, hanem előzetes tudásuk, a meglévő kognitív rendszereik állapota, adott tartalma határozza meg gondolkodásukat.

*Szinte minden témában létezik előzetes tudás, és az a tanulási folyamatok döntő meghatározója.* A fizikatanár hiheti, hogy a gyerekek tudata üres lap, amelyre okos magyarázatok segítségével kell felírni a fizikai világra vonatkozó ismereteket. Hiheti és cselekedhet is ennek megfelelően, de számolnia kell azzal, hogy konfliktusok alakulnak ki a gyerekek világlátása és a magyarázatok között, a gyerekek képtelenek lesznek megkonstruálni az új tudást (átalakítani meglévő elképzeléseiket), mert a tanítás a tanulás itt jellemzett dinamikáját nem veszi figyelembe.

Az eredményül pedig a gyerekek egy jó része belefáradhat abba, hogy hiábavaló erőfeszítéseket tegyen a tanár magyarázatainak értelmezésére, a tudásrendszer olyan átalakítására, amelyben a tanár tudományos látásmódja a meghatározó. Ez az egyeztetés nem fog sikerülni, mert a tanuló *egészen másképpen gondolja*. Neki a mozgás fenntartásához mozgató hatásra van szükség, a hőmérséklet – mert szorosan összekapcsolódik az energia, a hő fogalmaival – összeadó és nem kiegyenlítő mennyiség, és a feszültség szinte azonos az áramerősséggel, úgyhogy ha van áram a körben, akkor feszültség sehol sem lehetne 0.

Miközben az előzetes tudás alapvető jelentőséggel bír, hiszen „az az a hely”, ahol a konstrukciós folyamatok zajlanak („az előzetes tudás konstruál”), aközben sokszor *gátja a tudományos elképzeléseknek megfelelő konstrukciók kialakulásának*. Ezért fontos a tanulók előzetes tudásának ismerete, amelyre bevezetőnkben utaltunk a szakmai háttérismeretek felsorolásakor.

A tanítás célja az lehet, hogy a tanulóban kialakuljanak olyan elképzelések, elméletek, amelyek a tudományos látásmódhoz hasonló következtetéseket, magyarázatokat, cselekvéseket eredményeznek. A folyamatot, amelyben ilyen alternatív elképzelések jönnek létre, és amelyben ezek az elképzelések, elméletek a megfelelő szituációk esetén működésbe is lépnek, *fogalmi váltásnak* nevezzük. A fogalmi váltás tehát egy *radikális gondolkodási átalakulás*, a világ egy részét, egy jelenség-együttesét „másképpen kezdjük látni”, mint korábban.

<sup>1</sup> A tanári tudás kérdéséhez a tudományfilozófia néhány 20. századi eredményét munkánk előző részében (*Fizikai Szemle* 2012. novemberi számának 391–395. oldalain) foglaltuk össze.

Fogalmi váltás, amikor a diákok megtanulják, és el is fogadják (meggyőződésükké válik), hogy a Föld kering a Nap körül és nem fordítva. Ugyanúgy fogalmi váltás a newtoni mozgásemélet valódi elsajátítása, tehát amikor azt tudatosan alkalmazzuk a komolyabb megfontolást igénylő mechanikai problémák megoldása során. Fogalmi váltásokat jelent az anyagszerkezet szemléletmódjának lépcsőzetes kialakulása, vagyis amikor elfogadjuk, hogy az anyag nem folytonos, hanem kis golyókból áll; amikor elfogadjuk, hogy ezek a részecskék valójában nem is mindig golyók, és van belső szerkezetük, atomokból állnak. Ezt az anyagszerkezeti modellekkel kapcsolatos sort mindenki folytatni tudná. Konceptuális váltást kell átélnie annak, aki komolyan meg akarja érteni, mit jelentett a relativitáselmélet vagy a kvantumelmélet megszületése a fizikában. A fizika tanulása (de ez így van minden tantárggyal) telis-tele van fogalmi váltásokkal, egész tantervek vázát alkotják ezek a lényeges szemléletmódbeli váltások.

A *gyermektudomány* azon rendszerré szerveződő tudáselemek összessége, amelyeket a gyerekek a világról alkottak meg magukban. A „tudomány” megnevezést azért kapta, mert valóban a tudományos ismeretrendszerekéhez hasonló funkciókkal bír: előrejelzi az eseményeket, folyamatokat, magyarázza mindazt, ami a gyermek tapasztalati világában megjelenik, és végső soron irányítja cselekvését. A gyermektudomány is ugyanúgy tételekből, elméletekből áll, mint a „nagy tudomány”, csak formalizáltságuk nem éri el a tudományos ismeret formalizáltságát.

A gyermektudomány fizikai világra vonatkozó részrendszere alaposan vizsgált jelenségvilág, kutatását *Piaget* (1972) kezdte. Könyvtárnyi irodalma van ahogyan a gyerekek a mozgásokról, elektromosságról, hőről, fényről, anyagszerkezetről, gázokról stb. gondolkodnak.

A gyerekek gondolkodása sok esetben szinte pontosan követi azokat a *fizika történetében* is létezett elképzeléseket, amelyeket ma már csupán érdekeseznek, túlhaladott elméleteknek tekintünk. A tudománytörténet ismerete, a fogalmi rendszer formálódása az éppen feldolgozni kívánt témakör esetében ezért fontos a tanár számára.

A gyerekeket *beszéltetni kell* meglévő elképzeléseikről, *ütköztetni* kell az egymásnak ellentmondókat, vitákat kell rendezni. Kétséget kell ébreszteni a gyerekekben: vajon minden esetben beválnak-e elgondolásaik? *Láttatni* kell, hogy létezik más lehetőség is az adott témában való gondolkodásra, és amennyire lehet, tisztán el kell magyarázni ezt az új elképzelést. Ki kell alakítanunk a tanulóknak az *attitűdöt*, amely lehetővé teszi, hogy többféleképpen is gondolkodjanak ugyanarról a jelenségvilágról, fogadják el, hogy elméleteink modellek, és több modellel létezhet. Sok-sok megfigyelés, kísérlet, mérés szükséges ahhoz, hogy a tanulók egyre közelebb jussanak az újonnan elsajátított értelmezés hasznosságának belátásához. Ez ne iskolás mintafeladatokkal történjék, hanem élet-szerű, a gyerekek életét is közvetlenül érintő példák-kal. Semmit nem ér az olyan fogalmi váltás, amelynél

az újonnan elsajátított elképzelés alkalmazása számára csakis a pedagógiai szituációkban (válaszadás egy tanári kérdésre, felelés, dolgozatírás, vizsga) indokolt. Ilyenkor *a tudás csak iskolás szituációkban és nem az „életben” lesz adaptív*, a fogalmi váltás nem úgy ment végbe, ahogyan szeretnénk [9].

Tehát a fizika tanítása során a tanár és a diákok végezzenek sok kísérletet, mérést, érdekes problémák megoldásán keresztül gyakorolják az elméletalkotást, a kutató módszerek alkalmazását, az életből lássanak sok alkalmazást. Az újszerű megközelítési lehetőségek közül példaként a probléma alapú tanítást és a kutatás alapú tanítási gyakorlatot mutatjuk be.

## Probléma alapú tanítás

A probléma alapú tanítási (PAT, angolul problem-based learning, PBL) stratégiát a hatvanas évek elején a kanadai McMaster egyetemen orvostanhallgatók számára fejlesztették ki, hogy segítsék a hallgatókat a helyes diagnózis felállításában. A módszert, amelynek alapjaival röviden érdemes megismerkedni, később egyre több helyen alkalmazták.

A módszer legfontosabb alapvetése szerint a tananyag problémából építkező struktúra, azaz a problémamegoldásra alapozott. A tananyagot releváns problémákba ágyazzák (nem ragaszkodnak a szaktudományos ismeretrendszer belső logikájához), az oktatás keretében az életből származó, valódi információkat lehet az elsajátított tudáshoz kapcsolni. Ez ösztönzi a tanulókat a használható források felkutatására, saját tanulásuk ellenőrzésére. A többi probléma-központú módszertől abban különbözik, hogy a diákok a probléma megoldásához szükséges információk megtanulása előtt ismerkednek meg a problémával, és nem a korábban elsajátított tudás gyakorlása céljából kell különböző életszerű eseteket megoldaniuk. A diákok csoportosan, együtt dolgoznak. Fontos, hogy megbeszéljék egymással tapasztalataikat, megosszák egymással tudásukat. A tanulási környezet olyan, ahol a tanulás hajtóereje a probléma [11].

A tanulók, akik aktívan végeznek megfigyeléseket, gyűjtéseket, analizálják és szintetizálják az információkat, felvázolják a konklúziókat, fejlesztik a folyamat során használt problémamegoldó készségüket. A probléma alapú tanulást azért is ajánlják, mert fejleszti a gondolkodási szokásokat, amelyek egész életen át fennmaradnak, irányítják a tanulást és a kreatív gondolkodást.

A diszciplinák tartalma, mint a cél eléréséhez szükséges eszköz nagyon fontos. A tudás, a diszciplinák alapja állandóan növekszik és változik. Senki sem tud mindent megtanulni, de mindenki elő tudja segíteni képességeinek fejlődését, és a tudás megalkotásának és megvizsgálásának folyamatához szükséges kutatási attitűdök egész élete alatti gondozását. A modern oktatás számára a folyamatos tanuláshoz szükséges készségek és képességek lehetnek a legfontosabb eredmények. Fontos megtanulni az egész életen keresztül tartó tanulást.

A probléma alapú programok az általános iskola felsős évfolyamain általában növelték a tanulás teljesítményét, főképpen a laboratóriumi, a grafikus ábrázolási és az adatértelmezési készségek fejlesztését segítették elő. Az interaktív média és a számítógépes adatbázisok használata elősegíti a kutatási készségek fejlődését. Az oktatás nem tudja megadni a tanulóknak az összes információt, amelyekre szükségük lehet, ezért inkább eszközöket kell nyújtania a tanulás folytatásához [12].

## Kutatás alapú tanulás/tanítás

Több országban elterjedt gyakorlat a természettudományos nevelés, mint kutatás, illetve a kutatás alapú természettudomány tanításának koncepciója, amelynek lényege, hogy a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit [11]. A kutatás alapú tanulás/tanítás (KAT, inquiry-based learning, IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók átéljék a tudásalkotás folyamatait. Legfőbb sajátossága a kutatás által stimulált tanulás, amely teljes mértékben tanulócentrikus megközelítés, ami egyben utat jelent az önszabályozó tanulás felé, a tanulás aktív folyamatként való megközelítésére helyezi a hangsúlyt. A természettudomány tanulásával kapcsolatban használatos még az IBST (Inquiry Based Science Teaching) kifejezés is, amely inkább a tanításra koncentrálna, míg az előbb említett módszer talán inkább a tanulók tanulására fókuszál. A módszer fő jellegzetessége az, hogy a diákok kutatással kapcsolatos, illetve kutatás jellegű tevékenységeket végezzenek a természettudomány tanulása során, mint:

- problémák keresése, kutatásra érdemes kérdések megfogalmazása,
- hipotézisek megfogalmazása,
- különböző alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése,
- kutatások tervezése, vezetése,
- megfelelő eszközök és technikák használata az adatok gyűjtéséhez,
- adatok elemzése,
- különböző alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése,
- természettudományos érvek/indokok közlése.

Le kell szögeznünk azonban, hogy a kutatáson alapuló oktatási módszer sem csodaszer a természettudományos oktatás valamennyi problémájának megoldására, noha nagyon hatékony, egyaránt fejleszti a tanulók tartalmi tudását és készségeit, képességeit. A tanuló aktívan vesz részt a tanulási folyamatban, saját tudása megkonstruálásában, miközben a kutatás során problémamegoldó képességeit is használja.

A módszer egyben a tanulói szerepek megváltozását is jelenti a tanulási folyamatban. A diákok lehetőséget kapnak arra, hogy az őket érdeklő problémákkal foglalkozzanak, ezáltal sokkal motiváltabbak lesznek. Felelőssé válnak saját tanulásukért, ezen kívül az

egyéni tanulás kapcsolódik a társakkal és a tanárokkal való együttműködéshez.

A tanulói részvétel, szerep megváltozásával együtt a tanár szerepe is változik. A hagyományos oktatásban a tanár áll a középpontban, ő irányít, ő az ismeretátadó, ő az információforrás. A tanári instrukció dominál a tudáselsajátítás során. A KAT szakít ezzel a felfogással, és bár a *tanári szerep nem csökken* a tanulási folyamatban, de nagymértékben megváltozik.

## A tanári szerep változása

Általában csoportmunka keretében érdemes elvégezni a feladatokat. Nagyon fontos, hogy a tanulók önállóan dolgozzanak, valósítsák meg saját ötleteiket, fogalmazzák meg elképzeléseiket.

– A tanár felhívja a figyelmet egy problémára, vagy jóváhagyja, esetleg pontosítja a tanulók által felvetett problémát.

– Az egész munkafolyamatot irányítja, ellenőrzi, válaszol a felmerülő kérdésekre.

– A téves úton haladó, vagy a folyamatban elakadt tanulókat segíti, rávezeti a helyes megoldásra. A tanár a tévedéseket fogadja megértéssel, hiszen a megismerés folyamatának ez is természetes része.

### A problémamegoldás lépései

A probléma jellegéből következik, hogy az alább felsorolt lépések közül melyiket kell megtenni és melyiket kell kihagyni. A probléma sokféle lehet:

– Egy *aktuális esemény*, például valamilyen környezeti katasztrófa, környezetszennyezés vagy ipari baleset: tornádó, földrengés, olajömlés, nukleáris erőmű balesete, vörösiszap-ömlés, a Tisza vízének ciánszennyezése stb. A tanárnak rá kell világítania, hogy ezen események okozója nem a tudomány, hanem valamilyen emberi hiba vagy felelőtlenység, illetve egy kiszámíthatatlan természeti katasztrófa. A tudomány és a technika azonban képes lehet a probléma megoldására, a káros következmények enyhítésére és a jövőbeni hasonló események megakadályozására. A problémák felvetése a témáról megjelent cikk/riport/ismeretterjesztő film közös elemzésével történhet.

– *Olyan jelenség, amely mellett sokszor elmentünk anélkül, hogy felfigyeltünk volna rá* és kerestük volna a magyarázatot. A gyerekek sokszor kérdeznek olyan jelenségekről, amelyekben a legtöbb felnőtt semmi érdekeset nem talál, mert már megszokottá váltak a számára. Ezt a gyermeki kíváncsiságot ki kell használnunk. Itt is megvan a párhuzam a gyerekek és a kutatók gondolkodásmódja között. (Szokták is mondani, hogy a kutatókban megmaradt a gyermeki kíváncsiság.) A tudósok is sokszor rácsodálkoznak olyan jelenségekre, amelyeken mások nem töprengenek. Szép példa az a tudománytörténeti legenda, miszerint *Newton* agyában akkor ötlött fel a gondolat, hogy ugyanaz az erő okozza a tárgyak esését és az égitestek mozgását, amikor almát látott lehullni a fáról. A kutatók sokszor egymástól távoli dolgok között

fedeznek fel kapcsolatot. A gyakran emlegetett „szerencse” általában annak köszönhető, hogy a kutató olyan jelenségre, olyan összefüggésre figyel fel, amelyet ugyan sokan láttak, de nem gondolkoztak el rajta. Ha ehhez a „szerencséhez” kemény és kitartó munka társul, akkor létrejöhet a nagy felfedezés. A problémát felvethetik a tanulók, de a tanár is felhívhatja a figyelmet olyan hétköznapi jelenségre, amelynek magyarázata érdekes tudományos tanulságokkal szolgálhat.

– Egy *új kutatási eredmény*: ha végigkövetik azt az utat, amely a felfedezéshez vezet, a tanulók a probléma megfogalmazásától a tudományos publikáció elkészítéséig tartó megismerési folyamat fontos lépéseit ismerhetik meg. Napjainkban leginkább a csillagászattal, a kozmológiával, a részecskefizikával, az orvostudománnyal, a gyógyszerkutatással, az energia-termeléssel és a környezetszennyezéssel kapcsolatos témák keltik fel az emberek és így a gyerekek figyelmét. Érdekes arról beszélni, hogy egy-egy új felfedezés milyen hatással lesz a tudomány fejlődésére és az emberek életére. Mutassunk rá, hogy egy felfedezés gyakorlati haszna sokszor nem látszik azonnal. (Erre jó példa az elektromosság.)

– Egy *olyan létesítmény* – például egy szeméttégető vagy egy erőmű – építése, üzemeltetése, amelynek környezeti hatása is lehet. Érdekes tanulmányi kirándulást szervezni az intézményhez, beszélni helyi szakemberekkel. A problémát úgy is fel lehet dolgozni, hogy a tanulók különböző szerepeket kapnak – ilyenek például a létesítmény tervezője, helyi önkormányzati vezető, független szakember stb. Fontos, hogy érvekkel támasszák alá állításait, ennek érdekében készítsenek számításokat, grafikonokat, fényképeket, hatástanulmányokat! Hallgassák meg és mérlegeljék a vitapartner érveit! Az ilyen feladat fejleszti a *vitakultúrát*.

A tanár fontos szerepe az, hogy keltse fel vagy tartsa fenn a tanulók kíváncsiságát!

- Együtt gyűjtsék össze, hogy miért érdekes vagy fontos a kiválasztott probléma!

- A tanulókkal együtt fogalmazzák meg a kérdéseket, amelyekre a választ keresik! Gyűjtsék össze, hogy a tanulóknak milyen előzetes ismeretük van a témával kapcsolatban!

- Bővítsék ismereteiket a szükséges mértékben!
- Beszéljék meg a probléma tudományos hátterét! Ez főként tanári feladat.

- Beszéljék meg az esemény/jelenség helyi és globális környezeti hatásait!

- Beszéljék meg a probléma társadalmi, gazdasági vonatkozásait!

- Fogalmazzák meg előzetes elképzeléseiket, hipotéziseiket a jelenség okaira, a következményekre és a megoldásra vonatkozóan!

- Készítsenek részletes tervet!
- Határozzák meg, hogy milyen helyszíneken kell az egyes munkafázisokat végrehajtani:

- külső helyszín, ahol a jelenség közvetlenül megfigyelhető, ahol anyagmintát lehet venni, méréseket lehet végezni, iskolán kívüli személyekkel lehet találkozni, riportokat, felméréseket lehet készíteni;

- iskola, ahol kísérleteket, méréseket lehet végezni, illetve a további lépéseket megtenni.

- Határozzák meg, hogy milyen további személyek közreműködését igényli a feladat megoldása!

- Határozzák meg, hogy milyen eszközök, anyagok szükségesek a feladat elvégzéséhez!

- Végezzék el a megfigyeléseket, kísérleteket, írásban rögzítsék a tapasztalatokat! Ha lehetséges, akkor külső helyszínen is végezzenek megfigyeléseket, méréseket, beszéljenek az ott élő, ott dolgozó emberekkel! Ha méréseket végeznek, azokat legalább kétszer ismételjék meg, de ha egymásnak ellentmondó adatokat kapnak, abban az esetben még további mérések szükségesek. Igen fontos a fegyelmezett munkavégzés és a balesetvédelmi szabályok betartása – ezek ismertetése és a szükséges védőfelszerelések biztosítása tanári feladat. A megfigyelésekről készítsenek fényképeket, rajzokat!

- Alkossanak modelleket!

- Rendszerezék a frissen szerzett ismereteket! Döntsék el, hogy melyek azok a megfigyelések és adatok, amelyek a felvetett probléma szempontjából fontosak és melyek azok, amelyeket el lehet hanyagolni.

- Ábrázolják grafikonon a mérési eredményeket! Állapítsák meg az egyes mennyiségek közötti matematikai összefüggést!

- Vonják le a következtetéseket! Találják meg az ok-okozati összefüggést! Mérlegeljék a következményeket! Eredményeiket vessék össze előzetes elképzeléseikkel!

- Ha az eredmények nem meggyőzőek, akkor gondolják végig, vajon az előzetes elképzelések voltak-e helytelenek, a mérés során követtek el hibát, vagy hol hagytak figyelmen kívül valamilyen fontos tényezőt. Előbbi esetben módosítani kell az előzetesen felállított elméletet, utóbbi esetben pedig meg kell ismételni vagy módosítani kell a kísérleteket, méréseket! Hívják fel a tanulók figyelmét arra, hogy a kutatók is ezt az utat járják végig. Eredményeiket hasonlítsák össze másokéval! Ha ugyanazt a jelenséget vizsgálták, ugyanolyan eredményeket kell kapniuk. Fontos, hogy megértsék: a természettudományok jellemzője a térbeli és időbeli reprodukálhatóság, tehát ha két kutató ugyanazt ugyanolyan körülmények között méri meg, akkor ugyanazt az eredményt kell kapniuk, hiába történtek a mérések különböző helyen és időben.

- A feladat befejezéseként készítsenek posztert, kiselőadást! Ha helyi problémával foglalkoztak a tanulók, érdemes a helyi újságban, rádióban, TV-ben is közzétenni az eredményeket, ez is inspiráló tényező lehet a tanulók számára.

## Irodalom

10. J. Piaget: *La représentation du monde chez l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris, 1972.
11. Molnár Gyöngyvér: *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2006.
12. Nagy Lászlóné: A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra* 2010/1, 31–51.