

Szakmány Csaba¹ – Rákóczi Melinda²¹ ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium² Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakgimnázium és Kollégium*

„Premistry” természet- tudományos népszerűsítő sorozat Első rész

2013 májusában a gödöllői Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakközépiskola és Diákotthon¹ nevében sikeres pályázatot adtunk be a Pro Progressio Alapítvány intézménytámogatási pályázatára. A támogatási összeget egy természettudományos ismeretterjesztő sorozat megtartására fordítottuk.

A programsorozat megvalósításának célja a természettudományos tárgyak, különösen a kémia és a fizika népszerűségének növelése volt a diákok körében úgy, hogy mindez magában hordozza a természettudományi és technológiai kompetenciák fejlesztését is. A célt két szinten kívántuk elérni: az alsóbb osztályos tanulóknál (7–9. évfolyam) alakuljon ki a természettudományok szeretete, ismerjék meg, hogy milyen témákkal és jelenségekkel foglalkozik ez a tudományág. Célul tűztük ki, hogy ennek köszönhetően a diákok a tanórákon is még nagyobb kedvvel és aktivitással vegyenek részt. Az érdeklődésük felkeltése után akarják megismerni a jelenségek mélyén meghúzódó komoly természeti összefüggéseket is a tanórák szisztematikus keretén belül. Ez a fajta nyitottság a tudományos ismeretszerzésre olyan produktív attitűd, ami a közös munkát hatékonyabbá teszi, a tanulók készségeinek (pl. következtetések kigondolása, adatok felhasználása, logikus gondolatmenetek megalkotása) fejlődéséhez hozzájárul.

A felsőbb évfolyamokon (9–12. évfolyam) pedig a pályaválasztás előtt álló fiatalok számára kívántuk felkínálni a természettudományos pálya izgalmas és vonzó lehetőségeit, megismertetve őket a már tanult anyagok alkalmazásának lehetőségeivel, távlatokkal. Ezáltal is tovább hangsúlyozva azon ismeretek és módszerek sokaságát, amelyekkel képesek lehetnek összefüggéseket meglátni különböző területeken, illetve technológiai folyamatok között. A fakultációválasztás előtt állók számára kedvcsinálónak, a már fakultációra járó diákok számára megerősítésnek szántuk ezeket az alkalmakat.

Fontos pedagógiai törekvésünk volt, hogy a tanulókísérleti alkalmak előkészítésébe, levezénylésébe, kisebb diákok segítségével bevonjuk a fakultációra járó felsőbb évfolyamos diákokat is. Így nemcsak felelősségérzetük erősödhetett (és ezáltal a „nagybetűs élet” bármely területén elengedhetetlen vállalkozói kompetenciá-

juk fejlődhetett), hanem természettudományi és személyközi kompetenciájuk is, hiszen így „kénytelenek” voltak úgy és addig gondolkodni a látott jelenségeken, hogy azt egy fiatalabb diáktársuknak érthető módon és megfelelő stílusban el tudják magyarázni.

A „Premistry” elnevezés is az egyik kémia fakultációra járó diákunk ötlete volt, a „Premontrei” és a „chemistry” szavak szellemes összerántásából.

Szervezés

A Premistry sorozat az előzetes tervek szerint és a megvalósítását tekintve is 6 alkalomból állt. Ebből 3 tanári előadás, 3 tanulókísérlet volt. A sorozatot 2013 decemberében indítottuk újtára gondos előkészítés után, és 1–1,5 havonta tartottunk egy-egy foglalkozást, a tanítás után. Az előadásokat és a tanulókísérleteket is az iskola egész nyilvánosságának meghirdettük, a tanulókísérleteknél azonban a létszámot 40 főben maximálnunk kellett a helyiségek befogadóképessége miatt. Korlátozott létszámban egy másik gödöllői középiskola diákjait is meghívtuk az alkalmakra. Az alkalmak előtt az iskola forgalmas helyein plakátokat helyeztünk el (1. ábra).

Mindkét forma témájának megválasztásakor törekedtünk arra, hogy az alkalmak ne szigorúan csak egyik vagy másik tantárgyhoz kötődjenek. Egyrészt azért, hogy egyszerre ne csak egy tantárgy népszerűségét növeljük, másrészt azért, hogy az általunk fontosnak tartott egységes természettudományos szemléletet a diákokban kialakítsuk és elmélyítsük. Így ezeken az alkal-

1. táblázat. Premistry-témák

	Téma/cím	Forma
1.	Világító fénypontok a nyári éjszakában és a tenger mélyén – Érdekesek a lumineszcencia jelenségről	tanári előadás + kísérletbemutató
2.	Színek és fények	tanulókísérletek
3.	Habok, zselék a konyhától az élővilágig – Kolloidok körülöttünk	tanári előadás + kísérletbemutató
4.	Levegő, oxigén, égés	tanulókísérletek
5.	A citrommal működő órától a hidrogénes autóig – Elektrokémia	tanári előadás + kísérletbemutató
6.	Elektrokémia	tanulókísérletek

* Az iskola neve 2016-ban Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakgimnázium és Kollégiumra változott. 2008 és 2015 között, tehát a projekt megvalósulása idején még Szakmány Csaba is ebben az intézményben dolgozott.



makon is tapasztalatot szerezhetek arról, hogy egy-egy természeti vagy hétköznapi jelenség megértéséhez, egy-egy kísérlet elvégzéséhez és magyarázatához bizony szükség van több tantárgy ismeretanyagára. Így kívántuk elérni, hogy a gondolkodásukban és a tanórákon is képesek legyenek a külön-külön tanult és hallott információk összekapcsolására, együttes alkalmazására.

Az 1. táblázat foglalja össze a Premistry alkalmainak témáját.

1. ábra. Premistry-plakátok

Előkészítés

Az előadások előkészítése során először összegyűjtöttük a legfontosabb ismereteket a témáról, elsősorban természetesen a középiskolai tananyagok és egyetemi előadások, gyakorlatok során szerzett tapasztalataink alapján. Kiegészítettük ezeket internetes források segítségével rengeteg gyakorlati alkalmazással, természetben való előfordulással (melyek a tankönyvekből sokszor sajnálatos módon vagy teljesen kimaradnak, vagy csak elnagyoltan szerepelnek). A mondanivaló összeállítása során a gyakorlati alkalmazásokra, a probléma- és kérdéshelyzetekre, azaz a gondolkodás ösztönzésére fektettük a hangsúlyt. Így kívántuk elérni, hogy a diákok lássák, a tanórákon megszerzett tudásukat némi továbbgondolással gyakorlati szempontból hasznos megoldásokra lehet alkalmazni. Az előadások anyagából animált prezentációt készítettünk, ami végig illusztrálta az elhangzottakat. A prezentációink mintaként is szolgáltak diákjaink számára. Igyekezünk jó példával eléjük állni, ezzel elősegítve az információs és kommunikációs technológiák (IKT) alkalmazásához kapcsolódó készségek (digitális kompetenciák) fejlődését.

Az előadások utáni kísérleteket az előadást megelőző napokban előkészítettük és kipróbáltuk.

A *tanulókísérleti alkalmak* előkészítése során először összeválogattuk a résztvevők számára elvégezhető kísérleteket. A kiválasztásnál döntő volt, hogy a kísérlet a megadott témához kapcsolódjon, és az aktuális témát fizikai, kémiai, esetleg biológiai szempontból is érintse. Technikai szempontból fontos, hogy a kísérlet elvégzésének ideje rövid legyen (hogy egy diák többféle kísérletet is elvégezhesen egymás után), illetve hogy a kísérlet könnyen reprodukálható, azaz eredeti állapotába visszaállítható legyen (hogy egy kísérletet több diák is el tudjon végezni egymás után). Pedagógiai szempontból lényeges, hogy a kísérlet biztosan sikerüljön még a tapasztalatlan diákok számára is, sikerélményt adva nekik. A biztonság fontossága miatt a kísérlet lehetőleg veszélytelen legyen, a kísérletezésben járatlan diákok se tegyenek kárt sem magukban, sem a többiekben, sem az eszközökben (a kicsit veszélyes kísérletek leírásánál felirat figyelmeztette a kísérletezőt, hogy azt csak tanár vagy segítő felsőbbéves jelenlétében végezheti el). Végül: a kísérlethez lehetőség szerint hétköznapi anyagok és eszközök legyenek szükségesek, hogy a diákok otthon is megismételhesék a kísérleteket, valamint hogy könnyű legyen több példányban előállítani a kísérletet a létszám miatt.

A kiválogatott kísérletekről ezután legfeljebb 1 oldalas kísérletleírást készítettünk, mely elsősorban a kísérlet kivitelezésére vonatkozó utasításokat tartalmazta, másrészt a megfigyelendő változásokra irányította a diákok megfigyelését (2. ábra). Ahol

LIFTEZŐ SZÍNES BUBORÉKOK

Szükséges anyagok, eszközök:

személyenként: kis főzőpohár
közösen: szódadikarbóna, étolaj, ételfestékkel megfestett ecet, cseppentők, vegyszereskanál

Elkészítés:

Szórjunk kevés szódadikarbónát a főzőpohár aljára, majd öntünk rá étolajat majdnem szintűl!

Az ételfestékkel megfestett ecetoldatok valamelyikéből cseppentünk az olajba!

Figyeljük meg, mi történik, és adjunk magyarázatot minden jelenségre!

ELEKTROLÍZIS KRUMPLIBAN

Szükséges anyagok, eszközök:

krumpli, rézlemezek, rőpszínórok, krokodilcsipeszek, KI-oldat, cseppentő, univerzálindikátor-oldat

Elkészítés:

A krumpli tetején középen vágjunk mélyedést, öntünk ebbe kevés 1 mol/dm³ koncentrációjú kálium-jodid-oldatot!

Szúrjuk a rézelektrodákat a krumpli két végébe, kapcsoljunk rá kb. 12 V feszültséget!

10-15 perces elektrolízis után vágjuk ketté a krumplit az elektrodák mentén!

Mit tapasztalunk az anódnál? Mivel magyarázzuk?

Cseppentünk univerzálindikátort a katód környékére! Mit tapasztalunk? Mivel magyarázzuk?

2. ábra. Tanulók számára készített kísérletleírások az 1. és a 6. alkalom anyagából

csak lehetett, igyekeztünk a konkrét tapasztalatokat kihagyni, hogy ezt ne „készen kapják” a diákok, másrészt a magyarázatot való gondolkodást is rájuk bízunk. A segítség, felügyelet közben természetesen szóban megbeszéltük ezeket. A kísérletleírásokból



álló füzetet a segítő fakultációra járó diákoknak előre átadtuk, hogy felkészülhessenek. (A kísérletleírások teljes gyűjteményét az írás második része tartalmazza.)

A tanulókísérleti alkalmak előtt a kémiatermet és -labort berendeztük, az asztalokat a kísérleteknek megfelelően átrendeztük. A szükséges anyagokat és eszközöket tálcákra kikészítettük a segítők közreműködésével, majd a kinyomtatott kísérletleírásokat műanyag tasakban a megfelelő asztalra ragasztottuk.

Nem mellékes tényező tanulókísérleteknél, hogy az előkészítés mellett az elpakolás, elmosogatás is nagy feladat, különösen laboráns nélkül. Így ez is több órát vett igénybe, bár a felsőbb éves segítők még ebben a fázisban is lelkesen rendelkezésre álltak.

Tematika

Előadások

Lumineszcencia

A lumineszcencia izgalmas és érdekes téma, nem csak a mindig lelkes diákok érdeklődését keltik fel a világító állatok és egyéb fényjelenségek. Az internet lehetőséget ad arra, hogy számos gyönyörű képet tudjunk bemutatni diákjainknak, illetve ők maguk is keressenek ilyeneket.

A lumineszcencia nem túlságosan elvont jelenség, feltételezhető, hogy szentjánosbogárral már mindenki találkozott, s érdeklő, hogy miért is világít. A lumineszcencia sok más típusa is fellelhető mindennapjainkban, érdemes tehát megismerkedni a fénykibocsátás fizikai hátterével is.

Hétköznapisága mellett kellőképp egzotikus is lehet a természetben előforduló lumineszcencia, az előadásban képekkel illusztrált példák egy-egy izgalmas világító élőlényt mutatnak be, például gombákat, medúzákat, rovarokat, kagylókat.

Mindezek ellenére lumineszcenciáról a középiskolában sem fizikaórán, sem más természettudományos tantárgy tanóráján nem tanulnak a diákok. A témával való foglalkozás a diszciplináris ismeretek bővítésén túl lehetőséget ad a tantárgyak (fizika, kémia, biológia) közötti kapcsolódási pontok feltárására és felhasználására. A lumineszcencia témaköre alkalmas erre, ugyanis egy-egy jelenség (például a szentjánosbogár világítása) teljes körű értelmezéséhez, magyarázatához mindhárom tudományág ismeretanyaga szükséges. Az előadásban is nagyjából e felosztás szerint, ebben a sorrendben dolgoztuk fel a témát:

- Fizika: a fénykibocsátás folyamata, a gerjesztés fogalma, az atomi energiaszintek létezése.
- Kémia: a világító élőlények kémiai reakció eredményeképp létrejövő fényvel világítanak.
- Biológia: a fényt létrehozó kémiai reakció az élőlények biokémiai folyamatainak része, a világítás képességét pedig különböző életfunkcióikhoz használják: prédacsalogatás, szaporodás, menekülés, elriasztás.

Végül fontos megemlíteni, hogy a lumineszcencia egyes vonatkozásait ma is kutatják, és fontos felfedezésekhez vezetnek. Megmutattuk például, hogy egy viszonylag egyszerű természeti jelenség vizsgálatából kiindulva Nobel-díjat érő rákgyógyászati felfedezések is születhetnek.

Az előadást kísérleti bemutató zárta, melyben a diákok fluoreszkáló és foszforeszkáló tárgyakat nézhettek meg és világíthattak meg UV-lámpával. Az évek során kialakult gyűjteményünkben világító állatfigurák, csontvázak, lámpaalkotások, gyerek-szobák falát díszítő alakzatok és egyéb „glow-in-the-dark” tárgyak találhatók. Megvizsgáltuk a bankjegyek és a mosópor, va-

lamint a fehér ruhák fluoreszcenciáját is. Kipróbáltuk és elemeztük a könnyűzenei koncerteken használt világító pálcák működését. Végül elvégeztünk egy lumineszcenciás kísérletet, melyben a luminol és pirogallol fényt eredményező oxidációs reakcióját láttuk.

Kolloidok körülöttünk

A kolloidok számos fizikai és kémiai tulajdonsága különbözik a tisztán gáz, folyékony vagy szilárd halmazállapotú anyagokétól, illetve a valódi oldatoktól, elegyektől. Ilyen eltérés számos tulajdonságban megfigyelhető: hővezetés vagy hőszigetelés, mechanikai jellemzők (állag, képlékenység, rugalmasság), íz, reakcióképesség, optikai sajátosságok stb. Nem véletlen, hogy az iparban ma is kiemelt jelentőségű terület a kolloidok vizsgálata és alkalmazásai lehetőségeinek feltérképezése.

Kolloid rendszerek az élet legkülönbözőbb területein, nap mint nap körülvesznek bennünket. Elég, ha az őszi ködre, a cigarettafüstre, a tejre, majonézre vagy akár a borotvahabra, kozmetikai krémekre gondolunk. Az építőiparban is egyre gyakrabban alkalmaznak kolloidokat.

A kolloid rendszerek tulajdonságainak vizsgálata is igazán interdiszciplináris: egy-egy jelenség teljes körű értelmezése során nemcsak a kémia, hanem a fizika és/vagy a biológia tárgyakban megszerzett ismereteket is fel kell használni.

Az előadáson a „kolloidok” téma feldolgozása az alábbi vázlat alapján történt:

1. A kolloid rendszer fogalmának meghatározása és a kolloidok legfontosabb általános tulajdonságainak ismertetése.
2. A kolloid rendszerek típusainak és ezek jellemzőinek bemutatása.
3. Konkrét, tematikus példák felsorolása a hétköznapi életből.

Az előadás végén a kozmetikumokról esett még szó. Például a „micellás víz” említése kapcsán arról, hogy vajon ez csak egy-e a jól hangzó, ám áltudományos alapokon nyugvó termékek közül vagy tényleg van valamilyen tudományosan igazolható kedvező hatása.

Az előadást követő kísérleti bemutatóban a hallgatóságnak bemutattuk, hogy kolloid rendszerekben (füst, köd, csapadékot tartalmazó folyadék) a fény útja láthatóvá válik, és létrejön a fényszóródás (Tyndall-effektus). Ezen felül az ún. „elefánt fogkrém” kísérlettel előállítottunk habot: a hidrogén-peroxid kálium-jodiddal való katalitikus bontásából felszabaduló oxigén a mosogatószerrel habot képez, a gyorsan fejlődő gáz pedig a lombikból magasra lövi ezt a habot.

Elektrokémia

Az elektrokémia tárgyköre igen szerteágazó, és a fenti témákhoz hasonlóan szintén összekapcsolja a fizikát, a kémiát, de még a biológiát is. Azok a témák, amelyeket magába foglal, mindig is nagy jelentőségűek voltak, napjainkban pedig különösen azok. Az alternatív és környezetbarát energiaforrások egyik jövőbeli lehetősége a tüzelőanyag-cellák gazdaságos és biztonságos megalkotása.

Az elektrokémiát tanulmányozva például a következői kérdésekre is választ kaphatunk: miért kell tölteni a telefonunkat?, miért nem lehet tölteni a ceruzaelemet?, hogyan indul el az autó?, miért rozsdásodik a vas?, miért nem korrodálódik az arany és az alumínium?

A témával való foglalkozás tehát közelebb hozhatja a diákokhoz ezt a sokak által nem kedvelt témát. Az alkalmazások megismerésével kézzel foghatóvá válnak a megállapítások, és az el-



vont fogalmak (pl. elektromotoros erő, standard potenciál stb.) is elnyerik értelmüket, jelentőségüket, jogosságukat.

Kiváló lehetőség a fizika és a kémia összekapcsolására: ugyanazok az elektronok vesznek részt a redoxireakciókban (elektrod-folyamatokban), melyek rendezett vándorlása az elektromos áram. A töltéshordozók és az anyagszerkezet összekapcsolása a természettudományos világkép és szemlélet alakulását is segíti.

Az elektrokémia témakör feldolgozása az előadásban az alábbi tematika szerint történt:

1. Az elektrokémia története.
2. Galváncellák, akkumulátorok felépítése, működése, típusai, alkalmazásuk.
3. Korrózió, korrózióvédelem.
4. Az elektrolízis fogalma és alkalmazása.

Az előadás végén csak egy kísérletet mutattunk be, hiszen a következő tanulókérdési alkalom témája is az elektrokémia volt. Réz- és cinklemezkekből, valamint citromból és vezetékekből galvánelemet állítottunk össze, mellyel egy hétköznapi faliórát működtetni is tudtunk. A kísérlet fontos tanulsága, amire a diákoknak is felhívtuk a figyelmét, hogy egy ilyen elem belső ellenállása olyan nagy, hogy elektromotoros erőként hiába mérhető akár már egy cellán is a szükséges 1,5 V feszültség, ehhez képest a kapcsolófeszültség annyira alacsony, hogy akár 3 cella sorba kapcsolása is szükséges lehet az óra működtetéséhez.

Tanulókísérletek

A tanulókísérleti alkalmak során az alábbi fantázianevekkel ellátott kísérletek végrehajtására volt lehetősége a diákoknak:

Színek és fények: lángfestés; színes csapadékos reakciók; színváltó lombik; kék lombik; festés ecettel, szódabikarbónával és mosóporral; sav-bázis indikátorok; liftező színes cseppek; kromatográfia; festés fémsókkal; négy poharas varázslat.

Levegő, oxigén, égés: kísérletek áramló levegővel (célba lövés örvényekkel, pingpongbabla-lebegtetés, megfűjt papírlapok, megpörgetett henger); kísérletek légnyomással (égés a pohár alatt, sósavszökőkút, tojásszipantás, szökőkút, vízfóralás alacsony hőmérsékleten); kísérletek gázokkal (szén-dioxid öntögetése, felszálló lángoló buburék, filmesdoboz-rakéta, fekete kígyó, légpárnás pénzérme); kísérletek égéssel, lángokkal (lángfestés, fémek égése és oxidációja, benzin égése és eloltása, kockacukor meggyújtása, izzó papír, gyertya lángjának vizsgálata).

Elektrokémia: Volta-oszlop pénzérmékből; „víztisztító” ellenőrzése elektrolízissel; citromóra, gyümölcslevek; elektrolízis krumpliban; írás árammal; ionvándorlás; oldatok forgatása; fémek elektrokémiai korróziója (aktív korrózióvédelem modellje); lüktető higanyszív; ólomfa elektrolízissel; vízbontás elektrolízissel.

A teljes kísérletleírásokat, melyeket a diákok munkaasztalára is kiragasztottunk, a cikk második része tartalmazza.

Eredmények, tapasztalatok, értékelés

A Premistry természettudományos sorozat eseményeire a diákok nagy számban, szívesen jelentkeztek. A tanulókísérletek korlátozott számú férőhelyei miatt rendszeresen túljelentkezés is volt. Az előadások is általában telt ház előtt hangzottak el. A jelentkezők és a résztvevők száma emelkedett, azaz a Premistry önmagának is jó reklám volt.

A diákok természettudományok iránti szeretete, érdeklődése a Premistry alkalmi után megnőtt. A tanórákon megfigyelhető volt, hogy a részt vevő diákok aktívabban, szívesebben kapcsolódtak be jó hozzászólásaikkal az órák menetébe. Sokszor a tan-

anyag kapcsán is fel tudták használni a délutáni foglalkozásokon szerzett ismereteiket.

A diákok hozzáállásának változása, az érdeklődés növekedése nyilván nehezen mérhető, hiszen nagyon sok tényező befolyásolja. Nem is lehet számszerűen kimutatni, hogy ebben a Premistry alkalmi mekkora szerepet játszottak. A diákok motiváltságához szerintünk feltétlenül hozzájárult, hogy a természettudomány tanóráktól kissé eltérő témákban való megnyilvánulásával találkozhattak a tanulók, és megjelentek a tananyaghoz kapcsolódó, de attól akár kissé eltérő érdekességek is. Fontos, hogy megvalósult a tantárgyak összekapcsolódása, a természettudományok egységes szemlélete. A diákok számára nagy jelentőségű, hogy sok tanuló-kísérleti lehetőségben volt részük és az osztálytársakkal közösen kísérletezhettek, játszva tanulhattak. A személyközi kompetencia fejlődését segítette, hogy a tanulóknak alkalmuk nyílt a felsőbb éves segítő diákokkal való találkozásra, az ő példájuk megtapasztalására, valamint a fizika- és kémia tanárokkal való személyes, kötetlenebb kapcsolat kialakítására. Fontos, hogy mindezek egy fél éven át tartó folyamat többször ismétlődő elemei.

A Premistry tehát a fentiek közül mindegyikre lehetőséget kínált, és egyévtől függően is kisebb-nagyobb mértékben mindegyik aspektus hozzájárulhatott a természettudományos tárgyak népszerűségének emelkedéséhez.

Tanári szempontból megállapíthatjuk, hogy a természettudományok iránti érdeklődés növelésén túl a fenti projekt munkából további előnyök is származtak. Számos lehetőség nyílt a tanórai időkeret szorításából kilépve a tananyag érdekességeinek és érdekes kísérleteinek bemutatására. A tantervi keretből kilépve több lehetőség adódott a természeti jelenségek előfordulásának és alkalmazásának széles körű bemutatására, a természettudományos tárgyak összekapcsolására. Az előkészítés során összegyűjtött ismeretek és tapasztalatok tanórán is alkalmazhatók. Végül, de nem utolsósorban a diákokat új helyzetben, kötetlen formában ismerhettük meg.

Egy-egy ilyen programsorozat megrendezése tehát mindenképpen hasznos és eredményes a tanulási folyamatban. Nyilvánvalóan alapos és időigényes előkészítést, körültekintő lebonyolítást igényel, de a munka a kollégák és diákok segítségének igénybevételevel megvalósítható, pedagógiai haszna pedig vitathatatlan.



IRODALOM

- Illy J., Rajkovits Zs.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process II. Chemistry in physics classes. Physics Competitions (2008) 10. 39.
- Juhász András (szerk.): Fizikai kísérletek gyűjteménye 1. Arkhimédész Bt., Budapest, 2001.
- Juhász András (szerk.): Fizikai kísérletek gyűjteménye 2. Arkhimédész Bt. – Typotex Kiadó, Budapest, 1995.
- Rajkovits Zs., Illy J.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process I–II., Physics Competitions (2008) 1030.
- Rajkovits Zs.: Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs_ffiszt_2.pdf (Letöltés: 2017. július 19.)
- Rózsahegyi M., Wajand J.: 575 kísérlet a kémia tanításához. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
- Rózsahegyi M., Wajand J.: Kémia itt, kémia ott, kémia mindenhol! Nemzeti Tankönyvkiadó és ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1995.
- Rózsahegyi M., Wajand J.: Látványos kémiai kísérletek. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999.
- Steinmann H.: Építőművészek az állatvilágban. Natura Kiadó, Budapest, 1998.
- Szakmány Cs.: Lumineszcencia a középiskolában. In: Tasnádi P. (szerk.): Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan. ELTE TTK, Budapest, 2011.
- Szakmány Cs.: Kolloidok körülöttünk – Ötletek a kolloidok tanításához. In: Tasnádi P. (szerk.): Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan. ELTE TTK, Budapest, 2011.
- Szakmány Cs.: Luminescence in Nature and in the Education; Physics Competitions (2013) 1–2.