

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásaikat közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékleteként vagy postán a következő címre:

Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com.

**Dobóné Dr. Tarai Éva, Fontos Marcell,
Márfai Fruzsina, Nyariki Noel,
Sebők Flóra, Serflek Ádám,
Soproni Bálint, Ujházy András**

Egy új kémiaórai kísérletező módszer és kipróbálásának tapasztalatai

Bevezetés

A kémia a természettudomány egy csodás ága, ám sok embernek kihívást jelent e tantárgy ismereteinek elsajátítása. Vannak tanulók, akik nem szívesen ülnek le, és tanulják meg a kémia alapjait, amire aztán minden további épül; ezért is fordul elő, hogy többen már néhány tanóra után „*Én nem értem, nekem ez túl nehéz*” hozzáállással mennek be a laborba. Ám van egy pontja a kémiaórának, amikor a leghátsó padban ülő is felegyenesedik a padban, hogy biztosan lássa, mit csinál a tanár: ez a rész pedig a kísérletezés. A durranások, színreakciók, anyagok lánggra lobbantása voltaképp mindenki (legalábbis sokak) figyelmét felkeltik. Egy-egy érdekes kísérletet a diákok szeretnek többször megnézni, és ilyenkor – amint a negatív hozzáállás radikálisan megváltozik – kipróbálni. Ám a vegyszerek mennyisége

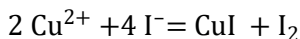
véges, és nem is olyan olcsóak; nem beszélve egyes reakciók melléktermékeiről, kedvezőtlen mellékhatásairól.

Célok, eszközök, módszerek

Szerencsére napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a zöld kémia alapelvei az iparban és az iskolai kémiaoktatásban is. Az alapelvek közül a lehető legkisebb mennyiségű vegyszerhasználatot emeltük ki. Vizsgálatainkban a minőségi analitikában használt néhány kísérletet végeztünk el nehézfémekkel hagyományos módon, kémcsőben végrehajtva és kipróbáltunk a szakirodalomban már leírt újabb mikro technikákat: a tablettatartóban és reagensoldattal átitatott szűrőpapíron végrehajtott csapadékleválasztást. Végül egy egyedi módszer, a hidrogél golyókban végrehajtott reakciók bemutatására és az előbbiekkal való összehasonlítására vállalkoztunk.

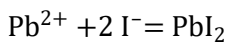
Jelen cikkben a következő reakciókat próbáltuk ki a különböző reakcióterekben és csökkenő reagensmennyiségeket felhasználva:

1. Réz(II)-ionok reakciója jodidionokkal:



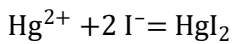
A CuI fehér, vízben nem oldódó csapadék ($L = 10^{-12}$). A kiváló elemi jó barna színe elfedi a réz(I)-jodid fehér színét.

2. Ólom(II)-ionok reakciója jodidionokkal:

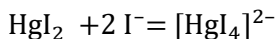


A PbI₂ sárga, vízben nem oldódó csapadék ($L = 10^{-9}$).

3. Higany(II)-ionok reakciója jodidionokkal:

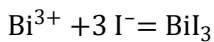


A HgI₂ narancsvörös, vízben nem oldódó csapadék ($L = 10^{-28}$). A jodidionok feleslegében a higany(II)-jodid-csapadék színtelen komplex képződése közben feloldódik.

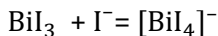


(Tetraiodo-merkurát-ionok keletkeznek.)

4. Bizmut(III)-ionok reakciója jodidionokkal:



A BiI_3 vízben nem oldódó, sötétszürke csapadék ($L = 10^{-18}$). A jodidionok feleslegében a bizmut-jodid-csapadék narancssárga színű tetrajodo-bizmutát komplex képződése közben feloldódik:



A kísérletekben használt vegyszereket a tankönyvekben és kísérletgyűjteményekben leírt koncentrációkban alkalmaztuk.

A mérgező, környezetre ártalmas nehézfém-sók kezelése, ártalmatlanítása nehézkes, iskolai alkalmazása nagy körültekintést igényel, ráadásul a vegyszerbeszerzés anyagi vonzatai sem mellékesek. Erre a problémára bizonyos szinten megoldás (egyfajta részmegoldás) ezen anyagok mennyiségének drasztikus csökkentése a kísérletezés során; de itt felmerül egy újabb kérdés: mi kelti majd fel a hátsó padban ülő diák érdeklődését, ha kétcseppnyi színes csapadék van a kémcső alján?

Az akrilgolyók szerepe

A válasz talán az akrilgolyókban rejlik. A fent említett csapadékleválasztási reakciókat szuperabszorbens polimerekben, pontosabban hidrogél golyókban végeztük el. A golyók virágüzletekben is beszerezhetők, vízkultúrás növényneveléshez kínálják, vagy egyszerűen dekorgyöngyként, díszítőelemként is szokták használni. Erre a feladatra azonban a már használt, kimerült fürdőszobai illatosító gyöngyök is alkalmasak. Ezek a hidrogélnak nevezett golyók nagy vízfelvevő képességű poliakrilát típusú műanyagok, amelyek hétköznapi felhasználása a nagy vízfelvevő- és víztartó-képességükön alapul. Ez akkor teljesül, ha a térhálós polimer ionos oldalláncokat tartalmaz. Az eldobható babapelenkák és tisztasági betétek nedvszívó magja és az általunk használt hidrogélek is leggyakrabban nátrium-poliakrilát típusú polimerek. Rendkívüli vízfelvevő-képességük (akár $20\text{-}40 \text{ cm}^3 \text{ víz}/1 \text{ g polimer}$) kémiai összetételük és szerkezeti kialakításuk együttes eredményeképpen jön létre. A polimer száraz állapotban apró, kemény granulátum. A kiszáradt, illatukat veszített golyókat alaposan átmostuk, néhány órára desztillált vízbe áztattuk. Vízbe téve a nátriumionok disszociálnak a karboxilátionokról.



1. ábra: Desztillált vízzel áttisztított akrilgolyó

körül közös hidrátburok képződik és a gyöngy kocsonyás tapintású, gélszerű anyaggá alakul. A polimerben kialakított keresztirányú szálak nem engedik meg a hosszanti szálak túlzott



2. ábra: Higany(II)-jodid csapadék leválasztása

A polimer szálain rögzített negatív ionok között taszító hatás lép fel, aminek köszönhetően a szálak eltávolodnak egymástól. Ezzel egyidőben az ionok jelenléte miatt egy befelé irányuló ozmózis lép fel és a gyöngy duzzadni kezd, ezért a szálak között újabb vízmolekulák férnek el. Az ionok eltávolodását egymástól és a korlátlan duzzadást. Így a térhálós szerkezetnek köszönhetően megtartja a gömbformát; inentől kezdve pedig alkalmazható reakcióként, hiszen fecskendővel bármilyen folyékony anyagot a belsejébe lehet juttatni.

A hidrogél, mint reakciótér használata

A kísérlet végrehajtásának pontos menetét a 3. ábra mutatja be.

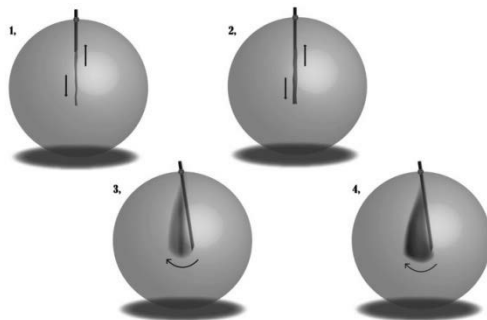
A csapadék leválasztásának folyamata:

3.1.) A kálium-jodidot a gélbe fecskendezzük a gömb sugara mentén.

3.2.) Ugyanabba a pontba szűrva a fémsó oldatát is a gömbbe juttatjuk, így a tűszúrás vonalán leválik a csapadék.

3.3.) Ismét a kálium-jodid-oldatot tartalmazó tűt beleszűrva kúp alakban mozgatjuk, így összeroncsolva a gél szerkezetét, ügyelve arra, hogy a bemeneti nyílást ne tágítsuk ki!

3.4.) Végül a fémsótt tartalmazó oldatból ismét a gömbbe juttatunk, így a gömb optikai nagyításának is köszönhetően nagy területen, kúp alakban látszik a lejátszódott színreakció.



3. ábra: A reagensek befecskendezésének menete és módja



4. ábra: Higanyszulfid az akrilgolyóban 2.



5. ábra: Ólom(II)-jodid az akrilgolyóban

Figyelmeztetés: a fecskendővel végzett kísérlet fokozott elővigyázatosságot igényel; a használt vegyületek vérbe jutva mérgezőek és súlyos balesetet okozhatnak! Csak tanári felügyelet mellett szabad a kísérleteket elvégezni.

Szakdidaktikai kérdések, a módszer néhány alkalmazási lehetősége

A Nemzeti Alaptanterv a köznevelési rendszer egyes feladataira és intézményeire vonatkozó külön szabályok I.2.1. pontjában fogalmazza meg, hogy „a kísérletezés, a megfigyelés, a természettudományos gondolkodás differenciált fejlesztése és alkalmazása, a műszaki ismeretek hétköznapi életben is használható elemeinek gyakorlati elsajátítása a NAT kiemelten fontos tartalma.” Az ember és természet

műveltségterület alapvető fejlesztési céljai között szerepelnek egyebek mellett a tervszerű megfigyelés és kísérletezés, az egészségmegőrzéssel és a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás, a tanulók cselekvő tanórai részvétele és tudásépítése, az aktív tanulási folyamatok tervezésének kérdései. A fejlesztési feladatok között pedig olyan, a kémiaoktatás gyakorlatában egyébként is megkerülhetetlen témák kerülnek elő, mint „a megfigyelés, a kísérlet és a mérés módszereinek irányított alkalmazása”, „ismerkedés a mérgező anyagokkal; a mérgező anyagok körütekintő használata”, „a zöld kémia törekvései, jelentősége” illetve a „színváltozással járó folyamatok kémiai okai”-nak megismerése célkitűzések is szerepelnek sok egyéb mellett.

A felsorolt, kiragadott feladatok megvalósítása érdekében a tanórai tevékenység megfelelő előkészítésére és szervezésére van szükség. A rendelkezésre álló szűkös időkeretek mellett elengedhetetlen követelmény, hogy a tanulói kísérletek egyszerűen és gyorsan előkészíthetők legyenek, és a kísérletek utáni mosogatás és takarítás se vegyen el aránytalanul sok időt. A mikro módszerek alkalmazásával mindkét feltétel teljesül. A kémiatanári gyakorlatban számos kipróbált és népszerű mikro módszer terjedt el. Először a félmikro kémcsövekben végzett kísérletek jelentek meg, majd a csempén végrehajtható cseppreakciók, a fecskendős gázfejlesztési kísérletek és a szűrőpapíron leválasztható csapadékos reakciók. Ismertek a tablettatartó mélyedéseiben vagy a szappanbuborékban elvégzett egyszerű kísérletek is. A hidrogélekben végrehajtható reakciók száma és típusa korlátozott, de bizonyos körben eredményesen használhatók érzékenységük és látványos voltuk miatt. Az eszköz újszerűsége motiváló hatású lehet tanár és diák számára is, minimális anyagigénye pedig takarékosági és környezetvédelmi szempontból sem elhanyagolható. Ráadásul az egyszerű előkészületek és a minimális utómunkálatok miatt a tanárookra sem ró újabb többlet feladatokat.

A hidrogélek tanórai felhasználásának néhány lehetősége

Új ismeretek elsajátítása során:

- az átmenetifém-ionok kimutatásánál használt színváltozással és csapadékképződéssel járó reakciók esetén;

- a mesterséges polimerek tulajdonságainak bemutatására (pl. akrilsav és származékai és polimereik);
- az elsőrendű és másodrendű kötések összehasonlítására;
- az oldódás, hidratáció, hidrátburok kialakulása és viselkedése bemutatására;
- projektfeladatok, aktív tanulási környezet tervezésénél ajánlható a diákok számára (<http://rsc.li/1e4ZSun>)

Az előbbi pontban hivatkozott linken egy nemzetközi együttműködésbe is be lehet kapcsolódni, ahol a kísérletek méréssel, dokumentálással és az eredmények megosztásával is kiegészülhetnek.

Gyakorlás, rendszerezés alkalmával

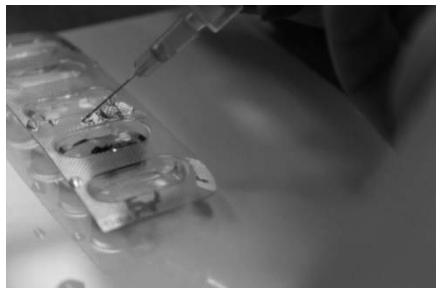
A hidrogélek vízből kivéve csak néhány nap alatt vesznek el a víztartalmukat és a teljes összezsugorodásukig akár több hét is eltelik. Mindaddig, amíg megfelelő méretűek a gömbök, őrzik a bennük leválasztott csapadékot és látható azok jellegzetes színe. Ez használható fel pl. ismétlő és gyakorló órán vagy akár számonkéréskor a csapadék felismertetésére, a reakció újbóli felidézésre a kísérlet tényleges elvégzése nélkül is.

Folyamatban vannak azok a kísérletek, amelyek lehetővé teszik néhány jól sikerült „reakciógömb” tartósítását, eredeti méretben történő megőrzését.

Összehasonlítás más kísérletezési módszerekkel

Munkafolyamatunk során méréseket is végeztünk, ezekből tisztán látszott, hogy az akrilgolyókban végrehajtott kísérletekhez jóval kevesebb anyagra van szükség. Az 1. táblázatban látható eredményekhez jutottunk, ezeknél a mennyiségeknél a várt reakciók már tökéletesen lejátszódtak. A kémcsőben elvégzett kísérletnél a minimum mennyiséget tüntettük fel a táblázatban; ennél kisebb mennyiségeket nem használ a kísérletező. Az adatok alapján a kémcsőben elhasznált mennyiségekből akár négyszer is elvégezhető tablettatartóban az adott csapadékleválasztás, a szűrőpapíron végzett kísérletekhez is jóval kevesebb anyagra van szükség, így kijelenthető, hogy ezzel a módszerrel lényegesen csökkenthető a környezetbe kikerülő vegyszerek mennyisége az ilyen típusú kísérletek elvégzésekor.

Megállapítható, hogy az akrilgolyókba fecskendezett reagensek mennyisége, töredéke az előzőeknek.



5. ábra: Bizmut(III)-nitrát -oldat adagolása kálium-jodid-oldatba



6. ábra: A mikro módszerek „evolúciója”

Módszer/ reakciótér	Szükséges oldatmennyiség reagensenként	Leírás
kémcső	2 cm ³	Klasszikus módon egyik, majd másik reagenst a kémcsőbe juttatjuk, megfigyeljük a csapadékleválást.
tablettatartó	0,5 cm ³	Lényegében a kémcsőmódszerrel megegyező, de a kisebb a reakciótér miatt kevesebb vegyszert igényel.
szűrőpapír	0,2 cm ³	A reagenssel (esetünkben kálium-jodid-oldattal) átitatott, majd megszáritott szűrőpapír egy pontjába cseppentjük a vizsgált só oldatát. Üvegbottal, pipettával, szemcseppentővel is cseppenthetünk. Finom, érzékeny reakciókat figyelhetünk meg kapillárisal vagy injekciós tűvel történő cseppentés során.
akrilgyöngy	< 0,1 cm ³	Desztillált vízbe áztatott akrilgyöngyökbe injekciós tűvel bejuttatjuk a reagenseket (2-3. ábra).

1. táblázat. Vizsgált kísérleti módszerek, mennyiségek és leírásuk.

Megvalósíthatósági tanulmány

Arra is kíváncsiak voltunk, hogy egy ilyen kísérletet hogyan lehet a való életben lebonyolítani. Egy általános iskolai kémiatanárt kérdeztünk meg erről (Válaszadó: Va., riporter: R.).

R. Mennyiben segít a tananyag megértésében a kísérletezés?

Va.: *„Furcsa módon néha segít, de néha nem. Nagyon meg kell választani, hogy mi az a kísérlet és mennyiség, ami a megértést segíti. Egy anyag jellemzésekor természetesen fontos, hogy milyen kísérlet van, de ha túl sok a kísérlet, akkor a gyerekek elfelejtenek tanulni, mert van az órának egy, ilyen lazább jellege, miszerint „Nagyon jól érezzük magunkat, és szépek a kísérletek”, de nem érzik azt, hogy akkor ezt meg is kell tanulni. Tehát meg kell választani azt az optimális arányt, ami kiegészíti az órát és hatékonyabbá teszi a tanulást, de nem viszi el nagyon a figyelmet a tananyagról. De összességében érdemes kísérletezni mindenképpen, mert természetesen a tantárgyat, ha szeretik a gyerekek, akkor legfőképpen azért szeretik, mert van kísérlet.”*

R.: A felhasznált anyagok mennyisége gátolja-e a gyakori kísérletezést? A kísérlethez szükséges anyagok mennyisége probléma a kísérletezésben?

Va.: *„Van, amikor igen, hiszen a szertárnak a felszereltsége meglehetősen korlátos. A vegyszerek beszerzése nem mindig egyszerű. Ha kifogy valamilyen vegyszer, annak a beszerzése több hónapot is igénybe vehet. Komoly engedélyezés van a háttérben, komoly regisztrációja van a rendeléseknek. Van, amikor megrendelek egy vegyszert szeptemberben és azt majd csak decemberben tudom felhasználni, és közben a tananyag azért halad előre. Ezért nagyon takarékosnak kell lenni.”*

R.: Mennyire probléma a vegyszerek kísérletek utáni kezelése? Mi a helyzet a veszélyes anyagokkal?

Va.: *„Egy kémiatanárnak tudnia kell, hogy melyek azok a vegyszerek, amelyeket tárolni kell; és a tárolásokra külön edényt kell rendszeresíteni, ez előírás. Tehát mondjuk nehézfémionokat nem tehetünk a lefolyóba, réz-szulfát-oldatot tárolni kell az idők végezetéig. Régmúlt időkben hívni kellett céget, ami a veszélyes vegyszereket elszállítja. Most már ez kicsit nehézkesebben megy, mert az ilyen cégeket elég nehéz elérni, továbbá önálló költségvetéssel nem rendelkezünk. Régen egy ilyen kiszállítás nyolc-*

tízezer forintba került. Mivel nincs költségvetésünk, nem is tudnék ilyen céget megbízni, ma tároljuk és egyszer csak valaki központilag elszállítja. Ez a jobbik lehetőség. A másik lehetőség, hogy egy másik kísérletben felhasználok az előző kísérletben keletkező vegyszereket, amik még tiszták, csak már nem száz százalékos tisztaságúak.”

R: Mit gondol, a kötelezően bemutatandó kísérletek közül hányszor lehetne használni ezt a módszert?

Va: „Azt gondolom, hogy ez hozzáállás kérdése. Hogyha a módszer ismertté válik, és a tanárok számára elérhető, akkor egészen bizonyos, hogy lesznek olyan pedagógusok, akik nagyon szívesen megtanulják ezt a módszert, és mivel kevés vegyszer kell hozzá, és takarékos, ezért majd alkalmazni fogják az óráikon, hiszen hitelessé teszi a környezet-tudatosságot. Tehát, ha ennek van publicitása, biztosan lesznek kollegák, akiknek ez megtetszik és érdeklődni fognak utána.”

R: Véleménye szerint mik ennek a módszernek az előnyei, illetve a hátrányai?

Va.: „Az előnyei ennek a módszernek egészen biztos azok, hogy kevés vegyszer kell hozzá, vélhetően olcsó, bár csak tippelem, hogy vélhetően sokkal olcsóbb, mint a vegyszer, amit a vegyszerellátóktól szerzünk be. Előnye még az, hogy újszerű adott esetben, és ez a tanárnak is motiváló jellegű.”

R: Egy általános iskolás kezébe oda merne adni egy injekciós tűt?

Va: „Én a magam részéről injekciós tűt nem mernék az általános iskolás kezébe adni, de fakultáción, középiskolában már igen. Az injekciós tűt a tanár használja, ez más munkaszervezést kíván, mert hogyha én csinálom kisebb mennyiséggel, akkor a gyerekeket megkérem, hogy jöjjenek ki a tanári asztalhoz és nézzék közelebbről. Esetleg addig a többiek kapnak feladatot, tehát nem lehetetlen, nem egy nagy változás az eredetihez képest.”

R: Köszönjük, hogy válaszolt a kérdéseinkre.

Összefoglalás

Az iskolai önképzőkörünkben végzett egyik munkánkhoz, egy pályázathoz kapcsolódóan kerültek elő az átmenetifém-ionok csapadékképződési reakciói. Mivel mindannyian aktív elkötelezettjei vagyunk nemcsak a kémiának, hanem a környezetvédelemnek is, igyekeztünk a lehető legkisebb környezeti terheléssel elvégezni a szükséges kísérleteket. A kísérletezés során újabb és újabb módszerek kerültek elő, míg egy kiszáradt és szemléltetésre félretett fürdőszobai illatosító adta az ötletet az új lehetőségek kipróbálására. A feltételezéseink szerint alkalmas eszközzel a gél belsejébe juttatva láthatóvá és érzékelhetővé tehető az átmeneti fémionok színreakciói minimális anyaghasználat mellett is. A cikkben leírt módszerek alapján előzetes elképzeléseinket igazoltuk és ezek alapján a hidrogélek néhány tanórai alkalmazási lehetőségét vázoltuk fel. Természetesen a bemutatott reakciókon túl sok más csapadékképződési reakcióit is sikeresen elvégeztünk a hidrogélekben, de terjedelmi okok miatt ezekről most nem számoltunk be. Annál is inkább, mert esetünkben nem az analitikai kémia ismert reakcióinak kémiai tartalmú újraértelmezéséről van szó, hanem egy újszerű kísérletezési lehetőségről, a hidrogélek, mint reakcióterek alkalmazásáról.

A további kísérleteinkben a csapadékokat tartalmazó hidrogél golyók tárolásának, konzerválásának és szemléltetésben, ismeretszerzésben való felhasználásának lehetőségeit vizsgáljuk az egészségügyi kockázat minimalizálásával együtt.

Irodalomjegyzék

nyomtatott:

Barcza Lajos (1983): A minőségi kémiai analízis alapjai. Medicina Könyvkiadó, Budapest

Nemzeti Alaptanterv. Magyar Közlöny, 2012. évi 66. szám. 10639. Melléklet a 110/2012.(VI.4.) Korm. rendelethez.

Pataki László – Zapp Erika (1974): Analitikai kémia. Tankönyvkiadó, Budapest.

Pataki László – Zapp Erika (1974): Analitikai kémiai praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest.

elektronikus:

Bohdaneczky Lászlóné – Sarka Lajos – Tóth Zoltán (2015): Kémia tanárok Szakmódszertani továbbképzése. Szaktárnet (TÁMOP-4.1.2.B.2.-13/1-2013-0009)

[http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktar.net/kiadvanyok/kemiatanarok_szakm_tovabbk.pdf](http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktarнет/kiadvanyok/kemiatanarok_szakm_tovabbk.pdf) (utolsó megtekintés: 2015.12.21.)

Farkas Ferenc: Szuperabszorbens polimerek (SAP): (2006):

<http://www.muanyagipariszemle.hu/2006/02/szuperabszorbens-polimerek-sap-01.pdf> (utolsó megtekintés: 2015.12.21.)

Elias Kalogirou, Eleni Nicas: (2010): Microscale chemistry experiments for schools

<http://www.scienceinschool.org/2010/issue16/microscale> (utolsó megtekintés: 2015.12.21.)

Nuffield Foundation and the Royal Society of Chemistry (2015): Experiments with hydrogels – hair gels and disposable nappies

<http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000689/experiments-with-hydrogels-hair-gel-and-disposable-nappies>

röviden: <http://rsc.li/1T37oEK> (utolsó megtekintés: 2015.12.21.)

Royal Society of Chemistry (2015):

<http://www.rsc.org/learn-chemistry/collections/experimentation/collaborative-chemistry/water-global-experiment-with-hydrogels>

(utolsó megtekintés: 2015.12.21.)

röviden: <http://rsc.li/1e4ZSun>

Siegler Gábor (2013): Dekorgolyók

<http://hirmagazin.sulinet.hu/hu/tudomany/dekorgolyok> (utolsó megtekintés: 2015.12.21.)