

# A rádium felfedezése

## Kutatási szöveg feldolgozása a fizika- és/vagy a kémiaórán

*Radnóti Katalin, Nagy Mária*

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Fizikai Intézet

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

---

*A cikkben egy érdekes és újszerű tanítási módszert mutatunk be, amelynek témája a radioaktivitás felfedezéséhez kapcsolódik. A Curie házaspár e témából írt egyik cikkét elemezték több osztály diákjai, amelynek során a szöveg végén a tudományos kutatással kapcsolatban feltett kérdésekre válaszoltak írásban. A cikkben ezeket a tanulói válaszokat elemezzük.*

---

### Bevezetés

Napjainkban a természettudományos nevelés számos problémával küzd, mint például nem megfelelő az iskolában tanult/tanított természettudományos tudás alkalmazása a mindennapok során felmerülő problémák megoldásában, folyamatosan csökken a tanulók természettudományok iránti motivációja, a természettudományos tantárgyak népszerűsége, ami már komoly gazdasági tényezőként is jelentkezik. A diákok egyre inkább elfordulnak a természettudományos pályáktól. Az oktatásnak ugyanakkor a társadalom rohamos fejlődése következtében egyre több új kihívásnak is meg kell felelnie, a munkaerőpiacon eredményesen alkalmazható műveltség, szaktudás közvetítése szükséges. Ehhez viszont az iskolában fel kell készíteni a diákokat a változásokhoz való alkalmazkodásra, a folyamatos, egész életen át tartó tanulásra [1]. A magyar iskolák többsége ezzel mintegy szembe menve a természettudományt alapvetően önmagában zárt, a köznapoktól elkülönült világként mutatja be, és a gyerekek többségében ez a megközelítés rögzül. Ez nem annyira a kutatói utánpótlásra, mint a szélesebb nyilvánosság és a természettudomány kapcsolatának alakulására van rossz hatással [2].

### Kutatás alapú tanítás (KAT)

Több országban elterjedt gyakorlat a természettudományos nevelés, mint kutatás, illetve a kutatásalapú természettudomány-tanítás koncepciója, amelynek lényege, hogy a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit. A kutatás alapú tanulás/tanítás, rövidítve KAT (angolul *Inquiry-Based Learning*, IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók átéljék a tudásalkotás folyamatait. Ezt a megközelítést szeretnénk hazánkban is elterjeszteni. A módszer fő jellegzetessége, hogy a diákok végezzenek kutatással kapcsolatos, illetve kutatás jellegű tevékenységeket 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,
- az adatok elemzése,
- a természettudományos érvek/indokok közlése.

A tényleges kutatási tevékenység manuális elvégzésére azonban nem mindig, nem minden téma esetében van közvetlen lehetőség. Ilyen esetekben lehet például filmet nézni a kutatásról, de lehet érdekes kutatásokról szóló beszámolókat is olvasni és azokat a szövegeket feldolgozni. Ez utóbbi esetben a feldolgozásnak nemcsak a konkrét szakmai tartalmára érdemes kitérni, hanem a kutatás menetének, a kutatás módszereinek elemzésére is. Erre azért van szükség, mert napjaink embere sokféle kutatási eredményről értesül a közmédiából. Ezek egy része tényleges, valódi kutatásnak tekinthető, de nagy részük sajnos az áltudományos kategóriába sorolható.

A természettudományos tanóráknak tehát fontos képességfejlesztési feladata, hogy a diákok képesek legyenek a ténylegesen tudományosnak tekinthető híradások elkülönítésére az áltudományos közlésektől.

Jelen írásunkban egy, a radioaktivitással kapcsolatos cikk tanórai elemzését mutatjuk be. A feldolgozásra ajánlott szöveg az eredeti cikk kis mértékű átfogalmazása [3]. A célkitűzés ebben az esetben a tudományos kutatás menetének, lépéseinek tanulmányozása eredeti forrás felhasználásával. Tehát nem a tartalmi részek elemzése, bár természetesen azokat is érdemes megbeszélni. Az alábbi szöveg került a diákok elé:

Curie et al, 1898

BESZÁMOLÓ EGY ÚJ, ERŐSEN RADIOAKTÍV ANYAGRÓL, AMELY AZ URANINITBEN<sup>1</sup> TALÁLHATÓ. *Comptes Rendus*, 127, 11215 (1898) [3]

Ketten közölünk kimutatták, hogy tisztán kémiai eljárásokkal ki lehet vonni az uraninitből egy erősen radioaktív anyagot. Ez az anyag, analitikai tulajdonságait tekintve, a bizmutra hasonlít. Véleményünk szerint az uraninit egy új kémiai elemet tartalmaz, amelynek a polónium elnevezést ajánlottuk.

További kutatásaink eredményei a korábbi következtetéssel összhangban vannak; ugyanakkor ezen kutatások során egy második erősen radioaktív anyagra leltünk, amely kémiai tulajdonságait tekintve teljesen különbözik az elsőtől. A polónium savas oldatból kén-hidrogén (képlete:  $H_2S$ ) hatására kicsapódik; sói oldhatóak savakban és víz hozzáadásával kiválnak; a polónium teljes mértékben kicsapódik tömény ammóniaoldat hatására.

Az általunk felfedezett új radioaktív anyag kémiai tulajdonságait tekintve szinte teljesen tiszta báriumhoz hasonlít: sem kén-hidrogén (képlete:  $H_2S$ ), sem ammónium-szulfid (képlete:  $(NH_4)_2S$ ), sem tömény ammóniaoldat hatására nem válik ki; szulfátja (szulfát-ion:  $SO_4^{2-}$ ) vízben és savas oldatokban nem oldódik; karbonátja (karbonát-ion:  $CO_3^{2-}$ ) vízben oldhatatlan; kloridja vízben kiválóan oldódik, azonban tömény sósav és alkoholok nem oldják. Végül, ez az anyag a bárium jól felismerhető spektrumát adja.

Úgy gondoljuk azonban, hogy ez az anyag, amely nagyrészt báriumról áll, tartalmaz egy új elemet, amelytől a radioaktivitás származik, és amely kémiai szempontból nagyon hasonlít a báriumra.

Az alábbiakban ismertetjük azokat a megállapításokat, amelyek a fenti következtetéshez vezettek:

A bárium és vegyületei normális esetben nem radioaktívak; ugyanakkor egyikünk megmutatta, hogy a radioaktivitás valószínűleg atomi tulajdonság, amely megmarad az anyag minden kémiai és fizikai formájában. Ezekből következik, hogy az anyagunk radioaktivitása nem eredhet a báriumtól és így egy másik elemről kell, hogy származzon.

Az első anyagok, amelyeket klór-hidrát formájában kaptunk, a fémuránénál 60-szor nagyobb radioaktivitást mutattak (a radioaktivitás intenzitását a levegő vezetőképességének nagyságából határoztuk meg, egy kondenzátoros berendezésben). Ezeket a kloridokat vízben feloldottuk, és az oldatok egy részét alkohollal leválasztottuk. Az így kicsapódott rész sokkal aktívabbnak mutatkozott, mint az oldatban maradt rész. Ezt a módszert alkalmazva és a műveletet többször egymás után elvégezve, egyre aktívabb kloridokat kaptunk. Az utolsó kloridfrakció, amit kaptunk, 900-szor aktívabbnak bizonyult, mint az urán. Munkánkat a rendelkezésre álló anyagmennyiség korlátozta, azonban feltételezhető, hogy amennyiben folytatni tudtuk volna a műveletet, akkor még sokkal nagyobb aktivitást érhetünk volna el. Ezen tények azzal magyarázhatóak, hogy jelen van egy radioaktív elem, amelynek kloridja kevésbé oldható alkoholos vízben, mint a báriumé. Demarcay úr volt oly szíves és alaposan tanulmányozta az anyagunk spektrumát,

amiért sok köszönettel tartozunk neki. Ennek részletes eredményeit egy, a mienket követő, külön publikáció foglalja össze. Demarcay úr talált a spektrumban egy olyan vonalat, amely egyik ismert elemre sem jellemző. Ez a vonal szinte alig látszik, ha az uránról 60-szor nagyobb aktivitású kloridot vesszük, azonban a dúsított kloridnál - amelynek aktivitása 900-szor nagyobb az uránénál - már jól kivehetővé válik. Tehát e vonal intenzitása a radioaktivitással nő, amiből arra következtethetünk, hogy a vonal az anyagunk radioaktív részétől származik.

Az általunk felsorolt különböző érvek arra engednek következtetni, hogy az új radioaktív anyag tartalmaz egy eddig ismeretlen elemet, amelynek elnevezésére a rádium szót ajánljuk.

Meghatároztuk aktív báriumunk atomtömegét is. A kapott tömegek nagyon kevésbé térnek el az inaktív bárium-kloridra kapott értékektől; ugyanakkor az aktív báriumra mért értékek mindig kicsit nagyobbak voltak, de a különbségek a mérési hibával összemérhetőek.

Az új radioaktív anyag nagy valószínűséggel főként báriumot tartalmaz; ezzel együtt a radioaktivitás számottevő. A rádium radioaktivitása tehát hatalmas mértékű kell, hogy legyen.

Az urán, a tórium, a polónium, a rádium és ezek vegyületei a levegőt elektromos vezetővé teszik és a fotólemezekre nyomot hagynak. Mindkét hatás sokkal erősebb a polónium és a rádium esetében, mint az uránról és a tóriumról. A rádiummal és a polóniummal már félperces exponálási idő után kielégítő nyomokat kapunk a fotólemezekre; míg az urán és a tórium esetében ugyanolyan eredmény eléréséhez több órára van szükség.

A polónium és a rádium által kibocsátott sugárzás a bárium-(platinacianid)-ot fluoreszkálóvá teszi; ilyen értelemben hatása a röntgensugárzással azonos, de annál jóval kisebb mértékű. A kísérlethez az aktív anyagra egy nagyon vékony alumíniumfóliát helyeztünk, amelyre vékony rétegben vittünk fel bárium-(platinacianid)-ot; sötétben a platina-cianid gyengén fényessé válik az aktív anyag hatására.

Ezzel egy fényforrást hozunk létre, igaz, nagyon gyengét, de ami energiaforrás nélkül működik. Ez azonban teljesen ellentmondani látszik az energiamegmaradás elvének.

Az urán és a tórium ugyanilyen körülmények között semmilyen fényjelenséget nem eredményeznek, valószínűleg azért, mert hatásuk túl gyenge.

Kérdések a szöveggel kapcsolatban

- 1.) Mi volt a kutatási kérdés?
- 2.) Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?
- 3.) Milyen kísérleteket, méréseket végeztek a kutatók?
- 4.) Milyen ellenőrző (kontroll) mérések voltak?
- 5.) Hogyan elemezték a kapott adatokat?
- 6.) Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?
- 7.) Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?
- 8.) Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?
- 9.) Ti milyen vizsgálatokat terveztetek volna még?
- 10.) A kutatók munkája milyen hatással van napjainkra?

A diákok számára segítségként a szöveg feldolgozásához mellékelünk periódusos rendszert is.

<sup>1</sup> Az eredeti francia szövegben a „petchblende” ( $UO_2$ ) szerepel, ami magyarul uránszurokérc, vagy régi nevén uraninit.

## A vizsgálat célkitűzése, lebonyolítása

A szöveg feldolgozásának fő célkitűzése a természettudományos ismeretszerzés fő lépéseinek, mintegy metakognitív tudásrendszernek a tudatosítása a diákokban.

Munkánk valójában azt a célt szolgálta, hogy megállapíthassuk, ténylegesen lehet-e ilyen jellegű feldolgozást végeztetni a tanulókkal, továbbá szeretnénk volna valamilyen képet kapni az oktatási kísérletbe bevont tanulók eredményességéről ezen a területen.

Ezért a fenti szöveg feldolgozása oktatási kísérlet alkalmával ténylegesen megtörtént több iskolai osztályban a radioaktivitás témakörhöz kapcsolódva. Mind általános gimnáziumi osztályban, mind pedig gyakorlóiskolai környezetben próbára tettük a szöveg feldolgozásának hatékonyságát. A diákok érdekesnek találták a szöveget és a módszert is, annak ellenére, hogy ez a feldolgozási mód nagyban eltért a megszokott természettudományos tanórák menetétől, s új volt számukra. A kérdések azonban furcsák voltak a diákok számára.

A szöveget különböző életkorú tanulók dolgozták fel. 10-és és 11-es osztályok olyan tanulói olvasták el a szöveget, majd válaszoltak írásban a feltett kérdésekre, akik foglalkoztak már kémiával, illetve tanulását be is fejezték tanulmányaik során, mindösszesen 67 tanuló három osztályból.

A feldolgozás ideje egy 45 perces tanóra volt. A szövegfeldolgozás menete a következő volt:

- a tanulók önállóan elolvasták a szöveget,
- a tanulók rövid írásos válaszokat készítettek a szöveget követő 10 kérdésre, amelyek a kutatás menetével voltak kapcsolatosak,
- végül közös megbeszélés.

## Az adatok kiértékelése

A tanulói válaszokat összegyűjtöttük és elemeztük. Azért, hogy egyáltalán képet kapjunk arról, hogy a diákok mennyire tudtak érdemben foglalkozni a szöveggel és milyen szinten válaszolni a kérdésekre, a válaszokat kódoltuk, pontozási rendszert alakítottunk ki [4]. A kiértékelésnél a válaszokat két részre bontottuk. Az első hét kérdés gyakorlatilag teljes mértékben a szövegre vonatkozik, a helyes válaszok mintegy abból kiolvashatók, illetve természettudományos előzetes ismeretek segítségével megválaszolhatók. Ellenben a 8., 9. és a 10. kérdésekre adandó válaszokhoz már a tanulók kreativitására, a szövegtől való elvonatkoztatásra, a való életet és a racionalitást is számításba vevő globálisabb szemléletre volt szükség.

Az 1-7. kérdések esetében 3 pontot adtunk, ha a tanuló helyesen válaszolt, 2 pontot, ha részben, 1 pontot, ha volt valami jó elem a válaszban és 0 pontot, ha nem volt válasz, vagy ha az teljesen hibás volt. A 8-10. kérdéseknél pedig 0 pontot adtunk, ha nem volt válasz, 1 pontot, ha egy ötletet írt le, és 2 pontot, ha kettő vagy több ötletet írt le a tanuló. A pontokat egy Excel táblázatban rögzítettük.

Az Excel táblázatkezelő program segítségével készítettünk egy egyszerű statisztikai kiértékelést is, amelyek alapján össze lehet hasonlítani a tanulócsoportok teljesítményét. De mivel csak kis mintánk volt, így ezek mindössze tájékoztató jellegűnek tekinthetők.

## A tanulói válaszok elemzése

A legjobb válaszok a második kérdésre születtek. A legnehezebbnek a hibaforrások tárgyalása és a kísérleti és a kontrollmérés elkülönítése mutatkozott. Ez összhangban van a PISA mérések esetében a magyar tanulók eredményeivel, miszerint az ilyen jellegű kérdésekben gyengén teljesítenek. Tehát ez egy fejlesztendő területe a magyar természettudományos oktatásnak! Pont azokra a kérdésekre kaptuk a legkevesebb jó választ, amelyek leginkább a tudományos kutatás szemléletmódjával, a laboratóriumi kutatás módszertanával voltak kapcsolatban.

Érdekes, hogy átlagok tekintetében az osztályok közelítőleg egyformán teljesítettek, az 1-7. kérdések és a kreativitási kérdések esetében is közel 30%-os mértékben. Nem mutatkozott szignifikáns eltérés az általános gimnáziumba, illetve a gyakorlóiskolába járó gyermekek teljesítményében.

Az, hogy csak 30% körüli a teljesítmény, nem tekinthető rossz eredménynek, hiszen a feltett kérdések ténylegesen olyanok, amelyekkel nem találkoznak a gyerekek napi tanulmányaik során, s az alkalmazott módszer is új volt számukra. A fizika, kémia vagy egyéb természettudományos tanórákon nem szokás ilyen jellegű kérdéseket megbeszélni. Ezen a gyakorlaton szerintünk változtatni kell, hiszen fontos kérdésekről van szó. Az utolsó három kérdés pedig kifejezetten az új ötletre kérdezett rá, a diákok kreativitását igényelte, világszemléletét vizsgálta. Sokan, a diákok mintegy fele, inkább nem is válaszoltak ezekre a kérdésekre.

Írásunk további részében bemutatjuk, hogy a szöveg utáni kérdésekre a tanulóktól milyen válaszokat lehet elvárni, illetve megbeszélni. Ezt követően elemezzük a ténylegesen kapott tanulói válaszokat.

### 1. Mi volt a kutatási kérdés?

Létezik-e az uránszurokércben egy, a báriumhoz hasonló kémiai tulajdonságokkal rendelkező anyag, amely az uránhoz hasonlóan radioaktív, csak annál sokkal nagyobb mértékben?

Itt elvártuk a diákoktól, hogy kérdő mondatot írjanak le a válaszban, hiszen a kutatási kérdést kellett megfogalmazni. Ehhez képest sokan állításokat fogalmaztak meg. Például, „a Ra felfedezése”, aztán „Egy új anyag felfedezése”. Utóbbi például már következtetés, nem az alapvető kutatási kérdés, evidensnek veszi az új radioaktív kémiai elem létezését. Ez is arra utal, hogy a gyermekekben a kutatási folyamat és gondolatmenet elemei keverednek, hiányzik az ilyen jellegű algoritmus ismerete, ami pedig elősegíthetné a tanulási folyamatot. Hiszen a kutatást végiggondolva és megértve nem az új tananyag-elemek megszokott értelemben vett betanulása szükséges, helyette a valódi ismeret és a szemléletformálás kap helyet.

Teljesen jó választ nagyon kevés diák adott, mindössze 4 fő, ellenben sok olyan választ kaptunk, amelyeknek voltak jó elemei, illetve kicsit pontatlanul fogalmazták meg a kérdést. Például: „Hogy lehet kivonni az uranitból egy erősen radioaktív anyagot?”, aztán „Milyen anyagot tartalmaz az uranit, ami radioaktív?” Olyan is előfordult, hogy a kutatási kérdést szépen körbe járta a tanuló, de nem jutott el a kérdésfeltevésig. Ez szintén utal arra, hogy a kutatási folyamat, mint olyan, nem ismert számára. Továbbá problémát jelent a körbejárt témakör vázolását követően egy kérdésalkotáshoz vezető absztrakció.

De bőven voltak olyan válaszok is, amelyek teljesen hibásnak tekinthetők, mint például „Mire használható fel az uranit?“, vagy „Mik a polónium tulajdonságai?“, „Mit tudunk az uranitról?“. Ezekben fellelhető a különböző kémiai elemek és vegyületek teljes keverése, amely utal a kémiai ismeretek hiányára. Az abszolút helytelen válaszokat adó diákok közül többen a későbbi kérdésekre jól válaszoltak, ami azért nem lehetetlen, mert a szöveg kiváló segítséget jelentett, ha valakinek jó szövegértési képessége volt, s így sikeres válaszokat adhatott a reáliák talaján kevésbé stabilan mozgó tanuló is. Az, hogy egyazon tanuló válaszai sem mindig konzekvensenek egymással, megint a hatékonyabb **természettudományos szemléletformálás igényét** támasztja alá. Ugyanerre a problémára mutat rá, hogy a diákok nemcsak a kémiai elemeket keverik, hanem a kifejezések szövegalkotásban való értelmetlen használata is megfigyelhető: „A bárium jól felismerhető spektruma, ami nagyrészt báriumból áll, tartalmaz-e egy új elemet?“.

A kérdésre viszonylag sok, 23 tanuló kapott nulla pontot.

## 2. Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?

Igen, létezik a fenti anyag, tehát azt elő lehet állítani.

Erre a kérdésre érkezett a legtöbb jó válasz, 22. De voltak teljes félreértések is, például megfigyelhető volt a Po, Ra, Ba, Bi, U, uranit keverése, vagy az uranit maga egy erősen radioaktív elem. „A rádium báriumból áll.“. Itt hangsúlyoznunk kell tehát a **pedagógiai transzfer problémáját!** Sokan kihagyták, hogy új anyagot kerestek, ami lényeges motívum volt. Egyes diákoknak a teljes szöveg lényegének értelmezésében volt problémája, előfordult a válaszok között olyan, hogy „A radioaktivitás mértéke.“, amely sem a szövegben nem az alapkérdés, sem munkahipotézisként nem állja meg a helyét.

## 3. Milyen kísérleteket, méréseket végeztek a kutatók?

Kémiai elválasztási műveleteket, az uránhoz viszonyított aktivitásmérést, a levegő vezetőképességének mérését, spektrum tanulmányozását, fotólemezen való nyomok tanulmányozását, fluoreszkálás vizsgálatát.

Voltak, akik egyszerűen sorokat másoltak ki a szövegből, nem tudták azt összefoglalóan és röviden leírni, ami arra utal, hogy nem történt meg a kísérleti folyamat értelmezése a diákok jelentős részénél. Viszonylag kevés volt a nulla pontos válasz, 13 fő, néhányat általában le tudtak írni a diákok. A használt kémiai fogalmak ismeretének hiánya tapasztalható a diákok körében, pedig elviekben a fenti fogalmaknak ismerteknek kellene lenniük a korábbi tanulmányokból. Előfordultak extrém esetek is, mint „A rádium spektrumának radioaktivitását vizsgálták“. Sajnos csak néhány tanuló tudott teljes értékű választ adni a kérdésre, ez mindössze 5 fő, de nemcsak olyanok, akik a feladatsorban globálisan kiemelkedően teljesítettek. Volt vázlatos válaszadás is ezek közt, és szakmailag korrekt átfogalmazás is, ami örömhír, hiszen utal arra, hogy nem a jó szövegértési készség eredményezte a jó válaszadást, tehát a természettudományos szemléletformálás helyzete semmiképp sem reménytelen.

## 4. Milyen ellenőrző (kontroll) mérések voltak?

A kémiai elválasztási műveletek során kapott rádiumvegyület aktivitásának, vezetőképességének, a fotólemezen való nyomhagyás idejének összehasonlítása az uránnal és a tóriummal, amely ezekhez képest jóval magasabb volt.

Ere a kérdésre nagyon sokan nem tudtak válaszolni, 36 fő. Többen keverték az egyes mérések leírásával, vagy írtak a kiértékelésre vonatkozó részből ide elemeket. Ezekből azonban előfordult a kontrollmérés menetére vonatkozó jó elem, ez több 1 pontos választ eredményezett. Az összehasonlítás, mint fontos szegmens nagyon sok esetben elmarad. Rosszabb esetben abszurd válaszok születtek, mint például „Báriumot vizsgálták“. Szerencsére előfordult sikeres válaszadás is, de csak 2 fő esetében. Az, hogy többen kihagyták ezt a kérdést, mutatja, hogy nem ismert a kontrollmérés kifejezés. Ez utal arra, hogy jelenleg a legtöbb fizika- és kémiaórán csak kismértékben helyeződik a hangsúly a mérések kiértékelésére, a diákok kutatási- vagy vizsgálati folyamatba történő bevonására. Holott a legtöbb tanuló élvezné, ha saját kezűleg kísérletezhetne, lehetne részese egy leegyszerűsített kutatási folyamatnak, s ez több emberi érzékszerv bevonását is jelentené a tanulási folyamatba, amely hatékonyabb ismeretszerzést eredményezhetne.

## 5. Hogyan elemezték a kapott adatokat?

A fenti, 4. kérdésre adott jó válaszban leírt hatások az új kémiai elemnek tulajdoníthatók.

Többen erre a kérdésre írtak le olyan választ, amelyet inkább az előző kérdésre kellett volna írni, míg arra nem adtak kielégítő feleletet. Többen itt is a méréseket írták le, vagy azok egy részét. Ez a korábbiakhoz hasonlóan utal arra, hogy hiányos, hibás a diákoknak a kutatási folyamatokról, annak algoritmusáról alkotott képe. A „Hogyan?“ kérdőszó sokaknál nem az eredményre vonatkozó kérdést jelentette, hanem módhatározóként, illetve a „Mivel?“ kérdés szinonimájaként értelmezték, amiből azért nem születtek értelmetlen válaszok, például „Kémiai kísérletekkel“, „A spektrum segítségével“. Voltak abszolút jó válaszok is, de ezek közt meglepő módon fellelhető olyan, aki értelmesen leírta a teljes mérés elemzését, s a levont következtetést, ennek ellenére a korábbi 4. kérdésre nem adott választ. Előfordult olyan válaszadás is, ami azt jelzi, hogy a diáknak egyáltalán semmit sem sikerült megértenie a témából sem korábban, sem pedig a szöveg alapján. A rémisztő válaszok között szerepel olyan is, amelyben a tanuló a klór-hidrátot radioaktív anyagként említi. Erre a kérdésre is sok tanuló, 34 fő kapott nulla pontot.

## 6. Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?

Az aktivitásmérés hibája, a kémiai elválasztások során történő anyagvesztés.

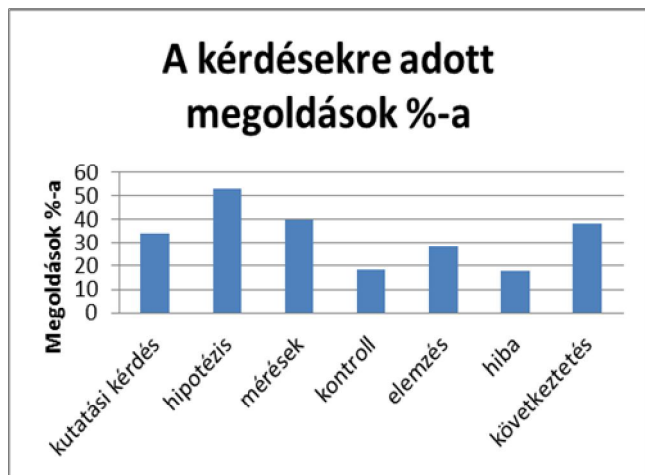
Erre a kérdésre is sokan kaptak nulla pontot, sokan nem válaszoltak a kérdésre. A legtöbb nulla pontos válasz ebben az esetben fordult elő, 38 főnél. Hibátlan választ mindössze egy fő írt. Előfordult a balesetvédelem és a hibaforrások fogalmának egybemosása. A jó elemek között leggyakoribb az arra való utalás, hogy kevés volt az új anyagból való minta. Többen írták azt, hogy „Pontatlanság“, pedig fontos lenne annak hangsúlyozása, hogy egy mérés hibái korántsem csak az emberi pontatlanságot foglalják magukban. Volt, akinél a „Más anyagok szennyezhettek.“ gondolat szerepelt.

Teljesen rossz válaszok is akadtak: „Nem bírják kordában tartani ezt az anyagot, és túlságosan radioaktív lesz, és felrobban.”, „Mérési hibák: az aktív bárium.”. A kérdésre adott válaszok kiértékelése alapján elmondható, hogy a gyermekek nincsenek tisztában a hibaforrások, a mérési hiba fogalmával, ami összhangban áll a korábbiakkal, miszerint sajnos a mérések kiértékelése és a kutatási tevékenység háttérbe szorul a középiskolások tanulási folyamatában.

## 7. Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?

Létezik az új elem.

Ezt is csak kevesen tudták leírni. 25 diák kapott nulla pontot. Többen a világitást emelték ki. Sokan itt is mérési leírásokat írtak le. Szerepelt a rádium aktivitásának veszélyességéről szóló felkiáltás. Volt, aki két új felfedezett anyagról kezdett beszámolót írni. 13 darab tökéletes válasz született. Azok közt, akik maximális pontot adtak a kérdésre volt olyan, akinek az első kérdés nem ment, ami igen meglepő. Többször előfordult olyan válasz, ami a rádium nagymértékű aktivitását taglalja, de ekkor magát a kutatási következtetést evidensnek tekinti a válaszadó. Némely diák szerint „A rádium báriumot tartalmaz.”, ami már a munkahipotézisnél is előforduló abszurd elem volt.



1. ábra: A tudományos kutatási folyamat elemzésével kapcsolatos kérdésekre adott válaszok megoldási százaléka az egyes kérdések esetében.

Az 1. ábrán oszlopdiagramon szemléltetjük az egyes kérdésekre adott válaszok megoldási százalékait, amelyből jól látható, hogy a diákoknak a legnagyobb problémát a mérés során előforduló hibalehetőségek számbavétele és a kontrollmérések felismerése jelenti. Gondot okozott még a tanulóknak a kutatók által kapott adatok elemzésének leírása. Feltűnő még az, hogy mennyire nehezen tudták a diákok megfogalmazni magát a kutatási kérdést a szöveg alapján.

A további, úgynevezett kreativitási kérdésekre a tanulók körülbelül a fele írt egy-két értékelhető, érdekes választ.

## 8. Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?

Lehetnek-e további ismeretlen anyagok az uránszurokércben? A tanulói válaszokban a következők fordultak elő: élettani hatások kutatása, lehet-e ezt valamilyen energiaforrásként használni, mi okozza az ellentmondást az energia megmaradásának törvényével és hogyan lehet feloldani az ellentmondást, további ismeretlen anyagok keresése, hogyan

lehet a mindennapi életben használni, miért ilyen erős a sugárzás, a radioaktivitás jelenségének pontos leírása. A jó válaszok mellett előfordult olyan, hogy a diák leírta ugyanazokat további kérdésként, amiket Curie-ék vizsgáltak, amely arra utal, hogy a szöveg és korábbi ismeretei alapján elhanyagolható képe van erről a témakörrel. Sokkoló válaszra is volt példa: „Miért kell ilyen, ha csak veszélyezteti a Földet?”.

## 9. Ti milyen vizsgálatokat terveztetek volna még?

Néhány tanulói válasz: Hogyan lehet tárolni? Környezetre mennyire veszélyes? További fizikai és kémiai tulajdonságok (mágneses és elektromos tulajdonságok, reakciókban mutatott viselkedés) vizsgálata, további összehasonlítások, élettani hatása, felhasználhatósága. Ám az előzőhöz hasonlóan a kreativitás néha rémisztő méreteket ölt, mint mondjuk a következő válaszokban: „Oxidációs folyamatot → égés, megpróbálnám elpusztítani, hogy többet ne sugározzon” vagy „Milyen íze van? Lehet-e vele főzni?”. Kevésbé tekinthetők rossznak azok a válaszok, amelyekben a diákok a 9. kérdéshez hasonlóan Curie-ék által elvégzett méréseket szeretnék csinálni, ami azt jelenti, hogy nem sikerült a szöveget és Curie-ék munkásságát megérteniük.

## 10. A kutatók munkája milyen hatással van napjainkra?

Egy egészen új tudományág bontakozott ki belőle.

Erre a kérdésre sajnos kevés válasz érkezett és azok is csak az általánosságok szintjén mozogtak, mint pl. jobb legyen az emberek élete. Csak néhány tanuló említette az egészségügyben és az energiatermelésben, atomerőművek fejlesztésében való felhasználási lehetőséget, amely ténylegesen nem pontos megfogalmazás, de legalább tudta, hogy ezek voltak a kezdetek. Sajnos itt is voltak kiábrándító válaszok, mint „Félelmet gerjesztett bennem.”

A 10 kérdésre adott válaszok alapján elmondható, hogy problémát jelent a gyerekek számára a szakkifejezések használata, viszonylag gyakran előfordulnak elvi hibák, félreértések, abszurd gondolatok. Az újszerű gondolatok esetében kismértékben történik meg azok részletes, precíz kifejtése. Jellemzőek a szövegértési és a fogalmazási gondok. Többször megfigyelhető, hogy a diákoknak a témakörrel kapcsolatban nincs globális, csak lokális szemléletük. Van, hogy a diákok már eredményt írnak például hipotézis vagy kérdés helyett. Sokszor nem a kérdésre válaszolnak.

## Kiegészítési, további kutatási lehetőségek

További lehetséges kérdések a tartalmi rész feldolgozásához, amelyek akár hasonló módon kiértékelhetők:

- 1.) Hasonlítsátok össze a polónium és a rádium kémiai tulajdonságait a cikk alapján!
- 2.) Mivel magyarázható, hogy a rádium kémiai tulajdonságai hasonlóak, mint a báriumé? (A periódusos rendszer segítséget a válaszhoz.)
- 3.) Miért gondoltak a kutatók arra, hogy új, addig ismeretlen elemmel lehet dolguk? Milyen vizsgálatok támasztották alá ezt a feltételezést?

- 4.) Milyen jelenségek, vizsgálatok, mérések alapján gondoltak arra, hogy a polónium és a rádium radioaktivitása sokkal nagyobb mértékű kell, hogy legyen, mint azt az urán, illetve tórium esetében megismerték?
- 5.) Milyen balesetvédelmi vonatkozásai lehetnek a Curie-ék által végzett, illetve ilyen típusú méréseknek?

További lehetséges kérdés a kreativitás mérésére és a természettudományos szemléletre vonatkozóan:

- Milyen szemléletformáló, ideológiai hatása lehet egy ilyen jellegű felfedezésnek a felfedezőkre, környezetükre és a világra vonatkozóan?

A megbeszélés során még érdemes arra is kitérni, hogy egyéb, más témakör kapcsán, akár saját vizsgálatok esetében, hogyan alkalmazzák a főnti kutatási módszert. Esetleg csak részben mentek végig a tanulók a teljes kutatási folyamaton (az oktatás során általában ez a helyzet), például a vizsgálati módszert nem ők maguk találták ki, hanem egy már bevált módszert vettek át. De minél több hagyományos témakör tanítása során is érdemes a főnti kérdések alapján is megbeszélni az éppen feldolgozott tudományos felfedezést, a felfedezés történetét.

A szöveg feldolgozását a fent leírt oktatási kísérlet során egyéni munkában végeztettük a diákokkal. Ennek oka az volt, hogy a válaszok kódolását és elemzését meg tudjuk

tenni. Azonban a napi tanítási gyakorlatban a feldolgozás csoportmunkában is megtehető. Például először mindenki önállóan elolvassa a szöveget, majd kisebb csoportokban megbeszélik a kérdésekre adható válaszokat, amelyet végül osztályszintű megbeszélés követ.

## Összefoglalás

Jelen írásunkban a kutatás alapú tanítás/tanulás olyan lehetőségeit mutattuk be, amelyekben a kutatási tevékenységet nem maguk a diákok végzik, hanem egy érdekes kutatási beszámoló alapján ismerkednek meg a témával és a tudományos kutatás módszereivel. A fenti szöveg esetében segítjük a pedagógiai transzfert az egymáshoz egyébként is nagyon közel álló fizika és a kémia között, fejlesztjük a természettudományos szemléletet. A jó szövegértési készség segítheti a témakör feldolgozását és a tanulási folyamat közben visszahatva fejlesztjük a szövegértési készséget.

Javasoljuk a kollégáknak, hogy maguk is keressenek hasonló tudományos szövegeket diákjaik számára, illetve a diákok is javasolhassanak szövegeket elemzésekhez. Ezek származhatnak a nyomtatott sajtóból, ismeretterjesztő folyóiratokból, de reklámszövegeket, illetve filmeket is érdemes hasonló szempontok alapján elemezni, amelyekben kutatási eredményekre hivatkoznak.

---

## Irodalomjegyzék

- [1] Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 2010. 12. szám 31-51. oldal
- [2] Patkós András (2008): Pillantás PISA-ra. *Fizikai Szemle*, 1. sz. 25-30. <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0801/patkos0801.html>
- [3] Curie, P., Curie, Mme P., Bémont, G. (1898) Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechleude, *Compt. Rend.*, 127, 1215.  
Magyar változat: Vértess Attila (Szerk.): Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből. Akadémiai Kiadó. Budapest. 2009. 25-27. oldalak. Silberer Vera és Kárpáti Szilvia fordítása
- [4] Korom Erzsébet (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. *Műszaki Kiadó*. Budapest. 2005. 43. oldal