

Heurisztikus módszerek alkalmazása a kémiai elemek periódusos rendszerének tanulmányozásában

The use of heuristic methods for studying the periodic table of chemical elements

GORBAI Mária Melinda¹, SÓGOR Csilla², KUN Attila Zsolt²

¹Petru Maior Kollégium, Szászrégen, str. Gării, nr. 20, 545300,
tel.0265512706, office@colegiulpetrumaior.ro

²Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kémia és vegyészmérnöki kar,
Arany János utca, 11 szám, Kolozsvár, csilla.sogor@ubbcluj.ro

ABSTRACT

One of the fundamental, innate qualities of Homo sapiens recens, the "wise man" living today, is the ability and willingness to play, the love of play; homo ludens, the man who plays. An important part in the teaching and understanding of Chemistry is the knowledge and understanding of the periodic table, which can be taught effectively using a variety of active methods. Hypothesis: heuristic methods are the most appropriate for this purpose, pupils learn to recognize and define new concepts through didactic games. In addition, the Chemistry teacher's personality, their value as a person and good teacher-student relationship are of paramount importance. Experimental subjects and method: The subjects of our study were the 7th grade pupils from Petru Maior High School in Reghin. The study was introduced by a preliminary assessment to check the students' individual level of knowledge and to evaluate the initial results. This was followed by teaching-learning based on heuristic methods, and then a further assessment of the students' knowledge at the end of the chapter. Results and evaluation: the assessment demonstrated that the exploratory heuristic methods used were better than the standard approach and could be applied to any unit of teaching. Students' activity and interest increased. Struggling learners were able to assert themselves, and through the game they were able to acquire new knowledge wittingly or unwittingly, and their ability to recognise, observe and analyse developed. Games motivated them to work, gave them courage and they practised what they have learnt without effort.

Keywords: heuristic methods, chemistry, periodical table, motivation, game

KIVONAT

A Homo sapiens recens, vagyis a jelenleg élő „bölcs ember” egyik alapvető, veleszületett tulajdonsága a játékra való képesség és hajlandóság, a játék szeretete, ezért beszélhetünk homo ludensről, a játszó emberről. A kémia tanításában s megértésében fontos szerepet tölt be a periódusos rendszer megismerése és megértése, amelynek hatékony tanítására számos aktív módszert alkalmazhatunk. Hipotézis: a heurisztikus módszerek a legmegfelelőbbek erre a célra, melyek során a tanulók didaktikai játék segítségével ismerik fel s határozzák meg az új fogalmakat. Mindezek mellett rendkívül fontos a kémiatanár személyisége, egész emberi értéke, önképzése, a jó tanár-diák kapcsolat. Kísérleti alanyok és módszer: A szászrégeni Petru Maior iskolaközpont VII. osztályos tanulói képezték vizsgálódásunk alanyait. A vizsgálatot előzetes felmérés vezette be, a diákok egyéni tudásszintjének leellenőrzésére, valamint a kezdeti eredmények kiértékelésére. Ezt heurisztikus módszerekre alapuló tanítás-tanulás követte, majd a fejezet végén a diákok újabb felmérése. Eredmények és kiértékelés: A felmérés tükrözte, hogy a felhasznált, felfedeztető, heurisztikus módszerekkel jobb eredményeket lehetett elérni, mint a szokásos, standard úton, s ezek kiválóan alkalmazhatóak bármely tanítási egység esetén. A diákok aktivitása, érdeklődése megnőtt. A gyengébb tanulók is érvényesülni tudtak, a játék során akarva-akaratlan elsajátították az új ismereteket, fejlődött a diákok önálló megfigyelési, elemzési, felismerési képessége. A játék motiválta őket a munkára, bátorságot kaptak, és erőfeszítés nélkül gyakorolták be az ismereteket.

Kulcsszavak: heurisztikus módszerek, kémia oktatása, periódusos rendszer, motiváció, játék

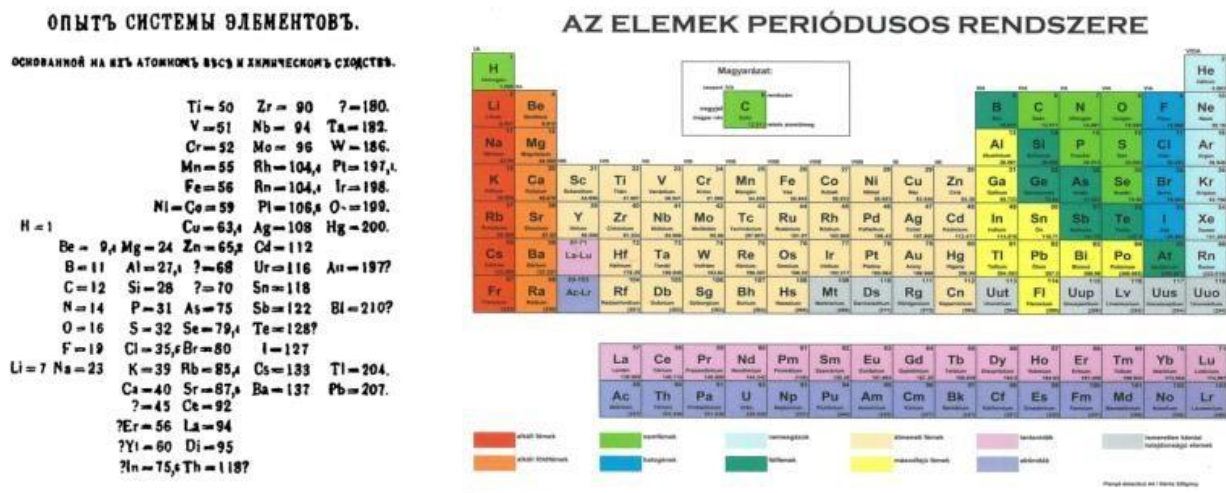
1. BEVEZETŐ

A Homo sapiens recens, vagyis a jelenleg élő "böles ember" egyik alapvető, veleszületett tulajdonsága a játékra való képesség és hajlandóság, a játék szeretete, ezért beszélhetünk homo ludensről, a játszó emberről. Ez a tulajdonság a gyermekkorban – természetesen – még kifejezettebb.

Aki már tanult kémiát, az egy valamit biztosan látott már: a kémiai elemek periódusos rendszerét, azaz a kémia szimbólumát. A periódusos rendszer maga a világ, a világunk legapróbb összetevőiről árul el sok mindent. Több legenda is kering arról, hogy Dimitrij Ivanovics Mendeleev, orosz vegyész, hogyan jött rá, hogy rendszerezze az elemeket. Tiszteletére a 101-es rendszámú kémiai elem, a Mendelévium (Md) róla kapta a nevét. [1, 2, 3, 4]

A kémia tanításában, lényegének szintetikus, holisztikus láttatásában s megértésében fontos szerepet tölt be e rendszer megismerése és megértése. Tanítása során számos aktív módszert alkalmazhatunk, melyek közül megemlíthető pl. az ötletbörze (brainstorming), kötetlen írás, szójegyzék készítése, ötletfal, fűrtábra, mind-up, text-puzzle, stb. [5]

Didaktikai szempontból a legfőbb követelmény, hogy kiválogassuk azokat a súlyponti kérdéseket, amelyek a rendszer felépül, és amelyeket a tanulók jelenlegi anyagszemléleti szintjén is meg tudunk érteni. A periódusos rendszer pár órára terjedő tanításának logikai sorrendjét úgy tervezzük meg és a tanításban is úgy irányítjuk tanulóink feleleteit, hogy észrevétecsük a rendszer belső törvényszerűségeit, továbbá azt, hogy az elemek sora nem mesterségesen felállított sorrend, hanem az elemeknek Mengyelejev által felismert természetes rendje. Ha Mendeleev ma egy pillantást vetne a periódusos rendszerére, valószínűleg nem ismerné fel saját alkotását. A táblázat jóval hosszabb és kitöltöttebb is, mint amilyen a kémia hajnalán volt. A periódusos rendszer több mint 700 alakját dolgozták ki, amelyek grafikai szempontból téglalap, spirális, cikk-cakk, háromdimenziós, körkörös stb. típusokba sorolhatóak, viszont egy sem annyira áttekinthető, mint a Mendeleev által megalkotott rendszer. (1 ábra) [1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]



1. ábra

A periódusos rendszer a kémia hajnalán és napjainkban

2. HIPOTÉZIS

A heurisztikus, felfedeztető módszerek legmegfelelőbbek erre a célra, melyek során a tanulók didaktikai játék segítségével ismerik fel a periodicitás törvényeit, ill. így fedezik fel az elem elektronszerkezete és a periódusos rendszerben elfoglalt helye közötti összefüggéseket, s határozzák meg az új fogalmakat.

Az iskola, a tanítás feladata elsősorban az, hogy felelősségteljes felnőtteket neveljen, képességeik szerint megfelelő munkakörbe kerüljenek, egészségesen és tevékenyen éljék életüket. A kémiatanárnak a szaknyelv következetes használatában, a szaknyelv és a szabatos, szép magyar beszéd egyeztetésében, a pontos, körültekintő kísérletezésben mutatott példája győzi meg tanítványait és készíti őket a követésre. Egy-egy kiváló tudós életművének (jelen esetben Dimitrij Ivanovics Mendeleev), emberi értékeinek élményszerű megismertetésével a minden iránt fogékony gyermek elé állított példakép, eszménykép esetleg egész életre szóló hatást eredményez. [5, 14, 15, 16]

A periódusos rendszer az univerzum egyfajta térképe, amely nemcsak a kémia területére korlátozódik, hanem jelentős hatása volt és van olyan tudományok fejlődésére, mint a geológia, geokémia, a kozmosz fizikai kémiája, vagy az orvostudomány; szintén kapcsolatban áll a biológiával (pl.: emberi szervezetben lejátszódó folyamatok, erjedés, zsírok, olajok, az élő és élettelen szervezet alkotóelemei, stb.), a földrajzzal (kőzetek, ásványok, stb.), a matematikával (képletek, egyenletek, törvények), a történelemmel (bizonyos felfedezések történelmi körülményei), a szépirodalommal. A kémiatanár kell ismerje nemcsak a rokontárgyak, hanem a többi tantárgy anyagát is, tájékozódnia kell arról, hogy milyen részletesen és miként használják fel egyes tantárgyak keretében a kémiai ismereteket. A kémia hozzájárul a korszerű műveltség megalapozásához is.

Mindezek mellett rendkívül fontos a kémiatanár személyisége: szaktantárgyi, pedagógiai, pszichológiai felkészültsége, előadó, átadó, magával ragadó képessége, egész emberi értéke. A szakmai biztonság, a lelkiismeretes felkészülés követelménye akkor teljesül, ha a mindennapok pedagógiai munkáját szervesen egészíti ki a tanár önképzése. A jó tanár-diák kapcsolat ugyancsak feltétele minden nevelő és oktató tevékenységnek. [14,15]

Mivel a kémia végigkíséri életünket, már ott van születésünkkor az első oltásban, halálunkkor pedig az elhalt szervezetben lejátszódó folyamatokban, tanárként fő feladatunk megszerettetni a diákokkal ezen csodálatos, az életben nélkülözhetetlen tantárgyat. A hatékony tanítás érdekében a heurisztikus módszerek a legmegfelelőbbek. Fontos, hogy a diákok játékosan, felfedező módszerek segítségével szembesüljenek e természettudományággal, a pedagógusban pedig az kell tudatosuljon, milyen céllal is tanít.

3. KÍSÉRLETI ALANYOK ÉS MÓDSZER

A szászrégeni Petru Maior iskolaközpont 14, VII. osztályos tanulója képezte a vizsgáldás alanyait. A vizsgálatot előzetes felmérés vezette be, a diákok egyéni tudásszintjének leellenőrzésére. Ezt követte az eredmények kiértékelése. A felmérők két sorra voltak osztva, így a diákok saját munkalapjukon dolgozhattak, egymás befolyásolása nélkül. Már a felmérő elején tudták nemcsak az összpontozást, hanem a részpontozást is. A dolgozatra szánt idő 35 perc volt, amit 15 perces közös megoldás, megbeszélés követett. A felmérőben számonkértük az atomok tulajdonságait, az elektronkonfigurációt, az atomtömeget, mólt.

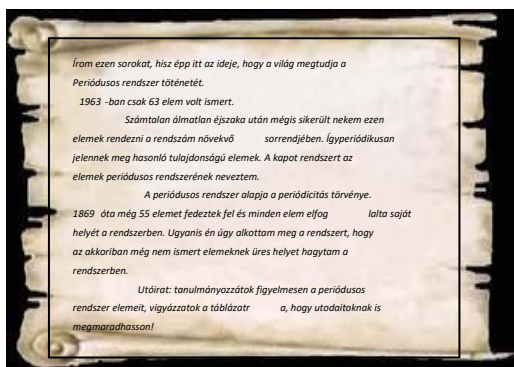
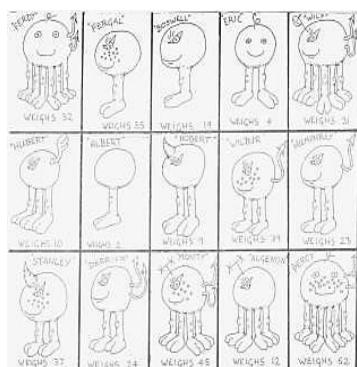
A periódusos rendszer fejezetét hat órán keresztül sikerült megismertetni a tanulókkal.

Az elemek periódusos rendszere fejezet tanítása során az alábbi célkitűzésekre, operacionális célokra fektettem a hangsúlyt, heurisztikus módszereket alkalmazva, hogy a fejezet tanulmányozása során a tanulók képesek legyenek:

- Értelmezni a periódusos rendszer felépítésének minőségi és mennyiségi alapjait.
- Visszavezetni az új tulajdonság megjelenését az elemet felépítő atomok szerkezetében bekövetkezett mennyiségi változásra.
- Felismerni, hogy az elemek felfedezése történelmi folyamat eredménye, s ez a folyamat napjainkban is tart.
- Felismerni és felhasználni következetesen a kémiai jeleket, modelleket, olvasni ma élő tudósokról, felfedezésekről.
- Meggyőződni arról, hogy az anyagok apró részecskékből épülnek fel, vagyis, hogy a proton, neutron, elektron bármily kicsiny is, meghatározott tömeggel rendelkező anyagi részecske.
- Megfogalmazni a periodicitás törvényét.
- Megnevezni az elemeket, indokolni jellegüket, külön az egyes periódusokban és csoportokban.
- Értelmezni az elem elektronszerkezete és a periódusos rendszerben elfoglalt helye közötti összefüggést.
- Értelmezni a periódusos rendszer, periódus, csoport, fém, nemfém, vegyérték, nemesgáz, halogén, izotóp fogalmait.
- Meghatározni az elem helyét a periódusos rendszerben az atomszerkezet ismeretében.
- Felismerni a vegyérték periodikus jellegét.
- Meghatározni egy elem vegyértékét hidrogénnel és oxigénnel szemben.
- Felismerni az izotópok fontosságát és bizonyos alkalmazási területeit.
- Korábban megszerzett ismereteik alkalmazásával újszerű feladatokat önállóan megoldani.

A célok elérése érdekében arra törekedtem, hogy a tanulók önállóan, játékosan fedezzék fel a periódusos rendszer felépítésének elvét, értelmezzék és fogalmazzák meg a következtetéseiket. Az alkalmazott tanítási eljárások a heurisztikus módszerekre alapultak. A legsikeresebb alkalmazások közül kiemelném a „Szörnyek játékát” (a játék során a diákok különböző szörnyeket, furcsa lényeket ábrázoló kártyákat kaptak, amely tartalmazta az elem atomtömegét; a kártyák alapján meghatározták az utolsó héjon levő elektronok számát; megfigyelve az összefüggéseket utaltak az elem helyére a periódusos rendszerben), „Mendelev pergamenpapírja” (egy olyan tekercs, amely a periódusos rendszer történetét tartalmazza, olyan formában, mintha Mendelev

épp az utókornak hagyta volna hátra kincsként), „Az elem személyazonossága” (az adott elem legfontosabb tulajdonságait tartalmazó kártyák, cédulák), „A periódusos rendszer királysága” (A királyság megállóin a diákok találós kérdésekkel találkoztak. Csak megfejtés után utazhattak tovább. A módszert a következőképpen kell elképzelni: Pl.: „A kémia fővárosa a periódusos rendszer, ahol számos lakos van, ők a periódusos rendszer elemei. A város építészeti szempontból gyönyörű: magas épületek neve a csoport, a hosszú utcák a periódusosok, a négyzetek pedig a luxus lakosztályok. Itt a fővárosban lakik a kémia királya is az Arany. Egy óriási csillogó kastélyban. Az arany egy nemes fém, amely vegyjele: Au. Az ország fő minisztere az Oxigén úr, amely biztosítja az élőszerkezetek légzését. Az oxigén vegyjele: O. Az egészségügyi miniszter a Klór, amely vegyjele: Cl, kiírja a baktériumokat, ezáltal egészséges életkörülményt biztosít. A tanügyminiszter a Foszfor úr. Ezen elem létfontosságú az emberi agy számára. Vegyjele: P és megtalálható a kenyérbén, halban stb. A központi kórház főorvosa a dr. Jód, vegyjele: J. Fontos szerepe van a pajzsmirigy működésében. A traumatológia osztály fővezetője a kalcium. Biztosítja a csontok erősségét, jele: Ca. A Periódusos Rendszer legnagyobb városában ezüst ékszert lehet vásárolni, amely vegyjele: Ag.” Mindezekből következtethetünk arra, hogy az elem helye és szerkezete között összefüggés van). (2 ábra)



| | |
|-------|----------|
| 1 | H |
| | Hidrogén |
| 1,008 | |

2. ábra

„Szörnyek játéka”

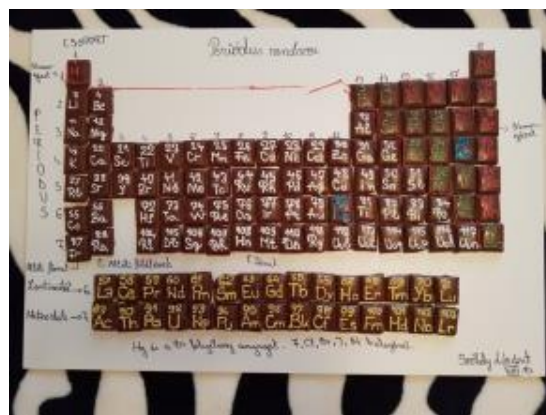
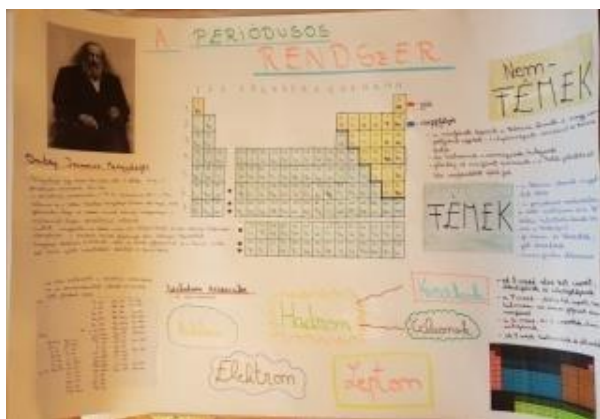
„Mendeleev pergamenpapírja”

„Az elem személyazonossága”

A fent említett módszerek mellett alkalmazásra került: a lecke, a fejezet témájával kapcsolatos irodalmi szöveg (vers, novella, dalszöveg, szerepjáték) írása; a periódusos rendszer elemeinek eléneklése, megzenésítése; modellek, rajzok, keresztretjvények, prezentációk készítése; játékok kitalálása és eljátszása, módszerek, amelyek fejlesztik az intelligenciaterületeiket és kreativitásukat. A hetedik órát az ismeretek felmérése képezte.

4. EREDMÉNYEK

A felmérés tükrözte, hogy a felhasznált, felfedezett, heurisztikus módszerekkel jobb eredményeket lehetett elérni, mint a szokásos, standard úton, s ezek kiválóan alkalmazhatóak bármely tanítási egység esetén. A diákok aktivitása, érdeklődése megnőtt. A gyengébb tanulók is érvényesülni tudtak, a játék során akarva-akaratlan elsajátították az új ismereteket. Többé már nem hangzottak el az „ez nekem magas”, „én ezt nem értem” megjegyzések. Megfigyelhető volt, hogy a diákok jobban egymásra és a tanárra hangolódtak, erősítve bátorítva egymást, ezáltal emelve az osztályszintet, s kellemes, harmonikus hangulatot teremtve. E módszer során fejlődött a diákok önálló megfigyelési, elemzési, felismerési képessége. A játék motiválta őket a munkára, így a szerényebb, eddig visszahúzódó tanulók is bátorságot kaptak, és erőfeszítés nélkül gyakorolták be az ismereteket. A munkalapok biztosították az egyéni fejlődést, előrehaladást. A tanulók élvezettel, jókedvvel végezték a feladatok megoldását, az órák hangulatosak voltak, feloldódtak a feszültségek. A mechanikus tanulás háttérbe szorult, a motiváltság jelentősen emelkedett. (3 ábra).



3. ábra
Diákmunkák

5. AZ EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

Módszeren azokat az eljárásokat értjük, amelyekkel a didaktikai feladatot megvalósítjuk, s amelyek lehetővé teszik, hogy a tanulóink új ismereteket, jártasságokat, készségeket szerezzenek, képességeiket rendszeresen fejlesszék. A tanítási-tanulási folyamatban figyelembe vettük a diákok idő- és munkai igényét, amelyek az objektív korlátok közé sorolhatóak egy olyan tantárgy esetén, ahol kevés az óraszám (2 óra/hét). Ha a diák számára lehetőséget akarunk teremteni, biztosítani, akkor a lehető legkülönbözőbb módszerekkel tanítunk és értékelünk. Tudva, hogy minden diák más-más téren tehetséges, a heurisztikus módszerek alkalmazásával mindegyik diákot sikerélményhez juttathatjuk. Ezért érdemes a megszokott tanítási módszerek, illetve tankönyvi és munkafüzet feladatok mellett rendhagyó feladatokkal, felfedeztető módszerekkel is dolgozni. [14,15,18, 19]

A kémiát nehéz tantárgynak gondolják a tanulók. Talán azért is, mert azt a fogalmat, amit egyszer bevezettünk, használjuk is. Kimaradás, lemaradás, akár egyetlen fogalom tisztázatlansága miatt teljesen érthetlenné válhat egy összefüggés, egy tanítási egység. A kémia az a tantárgy, ahol nemcsak a makroszkopikus világgal foglalkozunk, hanem tanulmányozzuk az anyag belsejét, az apró összetevőket. VII. osztályban a tanulók számára teljesen új szerkezetekről, részecskékről, fogalmakról beszélünk. Ezért a módszerek, eszközök és munkaformák megválasztásában törekedjünk a lehető legnagyobb változatosságra; legyenek az órák a tanulói tevékenység különböző formáiban, eszközeiben gazdagok. Biztosítsuk a gyakorlás játékos jellegét, barokkbaival, a tanár által készített játékokkal, keresztretjvények megfejtésével, feladatok megoldásával stb., hisz ezekkel hatékonyan motiválhatunk. Az eredményesség számottevő tényezője a tanár ötletgazdagsága.

A kémiaoktatás számára is elérhetőek alkalmazások (applikációk) a különböző operációs rendszerű okostelefonokon és táblagépeken, sokféle változatban és készüléken, amelyek főleg a Z generáció számára nélkülözhetetlenek. A mobileszközökön nem csupán modellezők, hanem modellszerkesztők is elérhetőek, így a tanulók aktív szerkesztőként is dolgozhatnak a tanórán. [21]

Az oktatás hagyományos módszerei az uniformizálás jegyében szervezik meg az oktatást, nem támogatják az egyéni értékek fejlesztését, a differenciálást. Ezért gyakori ebben az esetben a tanulásban lemaradt diákok száma, csekély azon tanulók száma, akik együtt tudnak haladni a tanár tevékenységével.

A hagyományos módszerek hosszú távon csökkentik a tanulók motiváltságát, nem keltik fel érdeklődésüket. Ezek a módszerek elsősorban frontális munkaformát alkalmaznak, melyek főszereplője a tanár. Az irodalomban leírt általános didaktikai, oktatási módszerekkel (pl. előadás, elbeszélés, magyarázat, szemléltetés, kérdés-felelet, gyakorlatok, kísérletek) összhangban azt találtuk, hogy az említett heurisztikus módszerek épp az egy osztályközösségbe tartozó, de különböző területeken jeleskedő diákok számára kínálnak olyan lehetőséget, hogy fejlődésük exponenciálisan növekedjen. A tanár a tanuló munkájának a szervezője, támogatója, segítője. A tanári előadás háttérbe szorul, a központban a tanuló önálló cselekvése, tevékenysége áll. Ezen módszerek motivációs erővel bírnak, így maximális erőfeszítésre, tanulásra ösztönzik a tanulót. Ha a diák érti a tanult fogalmakat, biztos tanulási alapot tesz szert. A biztos alapra építeni lehet, s így élvezetesebbé és sikeresebbé válhat a tanulás és tanítás. A heurisztikus módszerek segítségével a tanulók felzárkóztatására is

lehetőség nyílik, hisz tudjuk, az ember születésétől fogva kíváncsi és játékszerető lény. A hatékony tanulás egyik pszichológiai feltétele az önbizalom, az önbecslés. A siker forrása a „tudom” és nem a „nem tudom”. A tanulóknak a „tudom” fogalmát kell erősíteni az által, hogy a heurisztikus módszerek által növeljük bennük a tanulási tudatosságot, fejlesztjük gondolkodási készségeiket. [5,16, 20, 22]

Karikó Katalin önéletrajzában is olvashatjuk, hogy mennyire fontos a tanár szerepe, azaz a tanár akarva-akaratlan nyomot hagy a diákokban. Minden generáció visz valamit a tanár életéből, de ugyanakkor újat is hoz az életébe: „A tanáraimtól tanultam meg, hogyan kell kérdezni, rácsodálkozni valamire, felfedezni valamit, önállóan gondolkodni. A tanáraimtól tanultam meg, hogyan haladjak előre: hogyan használjam fel a megszerzett tudást arra, hogy valami újat alkossak.” „Mivel a mag sivárság helyett gazdagságot ígér, ezért elültetése minden esetben meggyőződéssel és reménnyel teli cselekedet, ahogyan a tanárok munkája is az: tudásmagot, bimbózó értelmet ültetnek el tanítványaik szívében és tudatában, abban a reményben, hogy azok hajtásokat, majd bőséges termést hoznak.”[17]

6. KÖVETKEZTETÉS

A diákok által elért eredmények bizonyítják, hogy a legjobb teljesítmény a heurisztikus módszerek alkalmazásával valósítható meg, hiszen Lev Tolsztoj szavaival élve elmondhatjuk „Semmiben sem nyilvánul meg olyan világosan az emberek jelleme, mint a játékban.”

Irodalmi hivatkozások

- [1.] Fórizs Edit, Kun Attila-Zsolt, Adrian Pătruț: A szervetlen kémia alapjai, Kolozsvár, 2017
- [2.] Veszprémi, T.:Általános kémia, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2011.
- [3.] J. R. Partington:A History of Chemistry, Vol. IV, Macmillan, London, 1964
- [4.] Tőkés, B., Dudutz, Gy., Donáth–Nagy, G., A kémia alapjai, I kötet, Stúdium Alapítvány Kiadó, Marosvásárhely 2005.
- [5.] Fodor László: Általános és iskolai pedagógia, Stúdium Könyvkiadó Kolozsvár, 2005
- [6.] The Chemical Educator December 2001, Volume 6, Issue6, p 324–332
- [7.] Eric R. Scerri, Scientific American Vol. 279, No. 3 (SEPTEMBER 1998), p. 78-83
- [8.] Eric. R. Scerri: The Periodic Table, it’s Story and it’s Significance, Oxford University press, 2007
- [9.] http://www.johnpratt.com/atomic/helens_chart.html
- [10.] Katz, G.: „The periodictable: An Eightperiodtable for 21st Century”, Chem. Educator, 6, 324, U.S. Patent (no 4, 199.879) (2001)
- [11.] Kow, T.W.: „An Octagonal Prismatic table”, J.Chem. Educ, 49, 59.(1972)
- [12.] Mark R. Leach, The ChemogenesisWebBook
- [13.] Chang, R.,Chemistry, 7, New York: McGraw-Hill, 289–310; 340–42. (2002). ISBN 0-07-112072-6
- [14.] Dr.Pais István, Dr. Biczók Ferenczné: A kémia tanításának módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967
- [15.] Nagy Zsuzsa, Bari Róbert, Deák György, Hoffer József, Sárik Tibor: A kémia korszerű tanítása általános iskolában, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980
- [16.] Barabás Attila: Alternatív eljárások a kémia oktatásához, Corvin kiadó, Déva, 2014
- [17.] Átörések-Életem és a tudomány , 2023, Helikon kiadó
- [18.] Kovács Zoltán: A fizika és kémia tanítása, Presa Universitară Clujeană, 2006
- [19.] A. Naumescu, M.Bocoș: Didactica chimiei de la teorie la practică, Casa Cărții de Știință, Kolozsvár, 2004
- [20.] Kovács Zoltán, Rend Erzsébet: Aktív oktatási módszerek példatára, Kolozsvár, 2002
- [21.] UNESCO Guidelines for Mobile Learning <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641E.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19)
- [22.] Birta-Székely Noémi: Tanárok pedagógiai műveltsége, Ábel kiadó, Kolozsvár, 2007