„Wolfram|Chemistry+”

*avagy az informatika alkalmazási lehetőségei
kémiai számítási feladatok megoldása során*

Eredeti: 2016.11.27.

Módosítva: 2016.12.19.

# Elméleti keretek

Általános elvárásként fogalmazódik meg a középiskolai oktatással szemben az IKT-eszközök alkalmazása és a helyes használattal összefüggő digitális tanulói kompetenciák erősítése. Azonban *„jót s jól”* a diákoknak átadni minden bizonnyal nem csak az informatika-óraszám alacsony volta, hanem az eszközök és világ komplexitása miatt sem feltétlenül lehetséges szigorúan tantárgyanként szeparálva. Ezért tehát az is gyakori témája az oktatásról való beszédnek és gondolkodásnak: hogyan volna lehetséges a különböző diszciplínák emergens együttműködését gyakorlatiasan megvalósítani?

A Módszertani Mesék [[[1]](#endnote-2)] című előadássorozatban Szabó Csaba (többek között Lovász Lászlót idézve) mutatta be, hogy a *default* beállítás sokak fejében az, hogy a matematika (szintén alacsony óraszám mellett) legyen e tekintetben az informatika szorosan együttműködő partnere. S bár valóban nagyszámú kapcsolódási pontot lehetséges felsorolni, ahol a matematika önálló céljainak elérésében is előnyt jelenthet az informatika és eszközeinek megjelenése, határozottan úgy gondolom, hogy szükséges más tárgyak, más kapcsolódási pontok feltárására is folyamatosan kísérleteket tenni.

A Digitális Pedagógus Konferencián [[[2]](#endnote-3)] is bemutatásra került több olyan jó gyakorlat, ahol a modern eszközök és a hagyományos tartalmak ötvözésével elérhető eredmények magukért beszélnek, azonban a válogatott (demonstrációs) eszközök és módszerek (animációk, digitális tananyagok, *blended learning*, szavazórendszerek *etc.*) kreatív használatára építő megoldások esetében az informatika és az adott szaktárgyak kapcsolatát meglehetősen egyirányúnak látom. Egy-egy ilyen fúzió során, úgy gondolom, az adott szaktárgy (oktatása) profitál alapvetően az informatika és az IKT-eszközök szerepvállalásából; még akkor is, ha a diákok által megszerezhető jártasság az egyes eszközök és platformok kezelésében hosszabb távú pozitív hatással is bír.

Az eddigiek során – szándékosan – az *informatika* fogalmat használtam, ugyanakkor a közoktatás ezzel kapcsolatos furcsaságaira mutathat rá, hogy az önálló informatika tanóráknak is gyakorta a fő „terméke” egy ECDL-vizsga. Ez a dokumentum bizonyos hardveres és szoftveres (*számítástechnikai*) ismeretek meglétét tanúsítja, de keveset enged megtudni arról, birtokosában megvan-e a képesség és/vagy a szándék, hogy a megszerzett ismereteket valódi problémák megoldása, érdemi információkkal való manipuláció során tervszerűen alkalmazza; s ez utóbbi az, amit én az *informatika* fogalma alatt érteni szeretnék.

# Problémafelvetés

Amennyiben tehát nem cél önmagában az, hogy a számítástechnikai ismeretekkel és a modern eszközök használata révén elérhető motivációs hatás kiaknázásával megelégedjünk, úgy a következő kérdésekre szükséges választ találni. Általában, és konkrétan a közoktatásban megjelenő kémia anyagában milyen problémák megoldása tűzhető feladatként a diákok elé?

Ennek kapcsán szeretném röviden felidézni Villányi Attila és Zagyi Péter levélváltását [[[3]](#endnote-4)] a kémiatanári levelezőlistáról, melynek témája alapvetően az oxidációs szám, az egyensúlyi állandó és a kötések szimmetriájának közoktatásban való tanítása / nem-tanítása volt. Álláspontom szerint a nem-tanítás mellett szóló legalapvetőbb érv a fokozódó időhiány, miután változatlan óraszámban a középiskola két évében ezen túl a kémia mindhárom nagy területét (általános, szervetlen, szerves) volna szükséges oktatni. A fentiek (és bizonyos *további* témakörök) tanítása mellett szól ugyanakkor az az igény, hogy a kémia egészét logikus vázra felfűzve tanítsuk, s ahol lehetséges, a korábbi, döntően leíró szemlélettől tartózkodjunk. Ez utóbbi érvelés – azért is, mert szoros párhuzamban áll a fentebb általam felvetett számítástechnika vs. informatika fogalompárral – tehát számomra legalább annyira vonzó, amennyire égető problémának látom a kétségkívül túlzsúfolt anyagból következő tanulói motivációvesztés kockázatát is.

Az előbb említett konkrét elméleti fogalmak mellett – egykori középiskolásként, illetve lassan a katedra másik oldalára is kerülve szerzett tapasztalataim szerint – az időhiány / logikus felépítés konfliktusának kárvallottja a számítási feladatok megoldása, annak tanítása. Kétségkívül sok ráfordított időt, munkát igényel a megfelelő rutin és gyakorlat kialakítása, emellett *„kevés olyan területe van a kémiának, amelyet* [ennyire] *nehéznek és öncélúnak tartanak a tanulók”* [[[4]](#endnote-5); p.134.]. Kifejezetten akkor, ha alapszinten (vagyis nem érettségizők között, de sajnos gyakorta a fakultációs csoportban is) a sztöchiometria és számítási feladatok megoldása kerül terítékre.

Sajnálatosnak tartom azt is, hogy ez a témakör nem csak egyes, merőben más pályára készülő középiskolások, hanem több esetben már természettudományos szakon tanuló (ennélfogva feltételezhetően bizonyos elköteleződéssel rendelkező) egyetemi hallgatók számára is érthetetlen / nehezen átlátható képletek és sablonos eljárások „magolásává” silányul. A félévben demonstrátorként a leendő biológusok és kémiatanárok számára meghirdetett analitikai kémia tárgy különféle (célú és nehézségű) számítási feladataira szerezhető rálátással pedig úgy vélem, legalábbis kérdéses, milyen, – hosszú távú – hasznosság várható attól, ha a képletekkel és a számítási feladatokkal kapcsolatos attitűdök változatlanok maradnak, *horribile dictu*, a középiskolai tananyagok zsúfoltságából adódó kényszerű változtatások mentén esetleg romlanak.

Természetesen és örömmel el kell ismerni azt is, hogy az értelmetlen és sikertelen magolási kísérletek mementóinak ellenpólusaként igen világos gondolkodásmódot tükröző dolgozatok is rendre születnek; ugyanakkor talán jogos (az alábbiakban bemutatásra kerülő) alternatíva is kínálható a képletek mellé…(?)

# A lehetséges megvalósítás

Az előző két szakaszban felvázolt gondolatokat ezen a ponton mindenképpen szükséges már szintetizálni. Célom volna tehát olyasvalaminek a bemutatása, ami egyfelől a kémia oktatása számára vélelmezhető haszonnal jár azáltal, hogy a számítási feladatok megoldása során kínál egy sok tekintetben automatizált (de legalábbis automatizálható) utat az informatika és annak eszköztárának bekapcsolása révén. Eközben pedig az informatikai megvalósítás (egyes komplexitási szinteken) megengedi, hogy annak kialakításában akár a tanulók is részt vegyenek, miáltal egyszerre szerezhetnek jártasságot táblázatkalkulációs eljárásokban és vélelmezhetően nagyobb rálátást a megoldandó számítási feladatok belső összefüggéseire.

Szeretném a dolgot a távolabbi végén kezdeni, elsőként azt tárgyalva, mi volna a koncepció a megcélzott legmagasabb fokú automatizálás mellett. Mivel egy kémiai számítási feladat akkor megoldható, ha a megadott fizikai paraméterekből véges sok lépésben, ismert képletek alkalmazásával az elvárt fizikai mennyiség meghatározható, a folyamat elviekben algoritmizálható, s a feladatmegoldásra céleszköz programozható. A megfelelő bemenő adatok rendelkezésre állása „tankönyvi” esetekben trivialitásként értelmezhető, gyakorlati problémák esetén ezek forrása mérés és/vagy becslés.

A cikk címében invokált Wolfram|Alpha jelenleg is nyújt olyan – a felhasználók által fejlesztett – szolgáltatást [[[5]](#endnote-6)] (widgetek), hogy valamely fizikai, kémiai törvényszerűség (például fajhő, fagyáshő; oldatok hígítása, savi disszociáció[[6]](#footnote-1)) képlete alapján az érintett mennyiségek közötti számításokat elvégezve közvetlen eredményt szolgáltat. Ezen eszközök működésének egyszerűsége egyúttal az alkalmazhatóságuk limitje is: a *M=m/n* vagy *c=n/V* összefüggés alapján könnyedén konstruálható bármely két mennyiség ismeretében a harmadikat meghatározó eszköz. Azonban a képletek összekapcsolása (*„Hány gramm X anyag oldásával nyerhető éppen 0,1 mólos oldat?”*) az érintett összefüggések számának növekedésével jelentősen bonyolultabbá teszi a lehetséges megoldásmenetek előzetes tervezését.

A teljes automatizálás (vagyis a folyószöveges feladatból a megfelelő paraméterek kinyerése, képletek keresése, megfelelő sorrendben történő alkalmazása és az eredmény közlése) ezen felül a gyakorlatban használt kifejezések és a szabványok közötti eltérések (0,1 mólos (nem *anyagmennyiség*!) == 0,1 mol/dm3 *koncentrációjú*) nehézségét is felveti. Amennyiben azonban a felhasználótól (joggal?) elvárható interpretációs problémát az automatizálásból ki lehet küszöbölni, úgy a

<*fizikai mennyiség SI-jele*> = <*mérőszám*> <*SI-mértékegység*>

alakban (konzisztensen) megadott adatok közötti összefüggések feltárása és a képletek sorrendben egymás után történő alkalmazása a szintén fenti szintaktikával megadott végeredmény meghatározásáig már racionálisan megoldható kihívásnak látszik.

A fenti paraméterezés megvalósításához egyes gyakori feladattípusokat (titrálás, elektrolízis *etc.*) vélelmezhetően előre specifikálni érdemes, ahol a felhasználó az automatikusan felkínált lista alapján viszi be az ismert fizikai mennyiségek adatait. Ebből kifolyólag a feladatmegoldó eszköz parciális, vagyis egy-egy jellemző típusfeladatot megoldani képes verziójának elkészítése táblázatkezelő program és egyenletmegoldó algoritmus (Solver) segítségével mély programozási ismeretek nélkül is kezelhető (vö. [[[7]](#endnote-7)]), így pedig akár a középiskolai feladatmegoldás egy alternatív útja lehet.

A „Google-galaxisban” pedig a mások által biztosított információk és eszközök célszerű és hatékony felhasználása is vélelmezhetően ér annyit (a munkaerőpiacon), mint a tények és képletek fejben tárolása, így talán még az is joggal állítható, hogy nem is feltétlenül szükséges minden osztályban, minden diáknak a számítási feladatok klasszikus megoldási útjait megtanulnia, ha biztosan és eredményesen képes a rendelkezésére álló kémiai feladatmegoldó eszközök alkalmazásával eredményt elérni.

A differenciálás eszköze lehet egy osztályon belül, hogy az érdeklődő és jó képességű diákok (akár szakkör keretében) próbálják „újra”-alkotni (amennyiben a tanárok már elterjedten rendelkeznek univerzális vagy parciális feladatmegoldó automatákkal) például a titrálások eszközét, s a kritikus, de esetleg a feladatmegoldásban kevéssé motivált osztálytársak mindenkor kereshetik az értelmes, releváns, azonban az automata által adott pillanatban még nem megoldható feladatokat. S ezzel persze a mind általánosabb automata fejlesztésének irányába spirálisan tovább folytatódhat a közös munka.

# Összefoglalás

Feltehetően egyre inkább igaz lesz, hogy az iskola olyan munkakörök betöltésére (is) kell, hogy a mindenkori diákokat felkészítse, amelyek az adott pillanatban őket tanító tanárok világában még nem is léteznek; így a világ és a tantárgyak komplex, problémaközpontú szemlélete nem megkerülhető.

Az információ értékét érdemben növelő, az önmagában álló technikai, technológiai tudáson túlmutató IKT-eszközhasználat, (*az informatika*) vélelmezhetően ebben a világban egyre fontosabb szerepet fog betölteni, ennélfogva a fúziója mind több hagyományosan a közoktatásban jelen lévő tantárggyal kiemelt prioritása lehet a közeljövő racionális tantervi átalakításainak.

A kémia területén a valóságközeli problémák [[[8]](#endnote-8)] megoldásának hagyományosan is bevezető eszköze a számítási feladat. Jelenleg nem elterjedt olyan eszköz, amely a számítási feladatok megoldását, különösen a felismert problémakörben a képletek és számolások algoritmikus elvégzését széleskörűen támogatná.

Parciális feladatmegoldó automata konstrukciója táblázatkalkulációs eszközökkel már középiskolai szinten is vélelmezhetően megvalósítható, így újfajta kihívás állítható az érdeklődő diákok elé. A (majdan) létező automaták célzott és helyes használata minden tanulótól az eredményorientált és hatékony problémamegoldás jegyében elvárható lehetne.

# Szakirodalmi kitekintés

*„A dolgozat problémafölvetése és a felkínált megoldás is eredeti.* [Ugyanakkor] *nagyon hasznos lett volna elolvasni legalább néhány cikket a tanulók feladatmegoldási stratégiáiról és számolási feladatokkal kapcsolatos tudásszerkezetéről”* (Szalay Luca megjegyzései az eredeti cikkhez; a továbbiakban a külön nem jelzett, szövegszerű idézetek mindegyike onnan szerepel)

Az eredeti cikkben – döntően terjedelmi korlátok miatt – a bemutatni kívánt alternatív megoldási lehetőséghez legszorosabban kapcsolódó, az informatika és más tárgyak együttműködésével összefüggésben elhangzott / megjelent források beemelése volt a szándék. Ezzel párhuzamosan az új módszer és a vitaindító felvetés pozicionálása a kémia módszertanában minden bizonnyal helyénvalóbb egy szélesebb perspektíva alkalmazása, a jelenleg feltárt és használt módszerekkel való összehasonlítás megtételével. A következő kitekintésben tehát ennek –általam feltárható – legalapvetőbb elemeit veszem sorra.

A számítási feladatok megoldása során egyaránt fejleszthetők és fejlesztendők a konkrét kémiai tudásterületek, a fogalmi megértés és a tanulók metakognitív problémamegoldó képességei. Ugyanakkor a témában végzett kutatások azt mutatják, hogy a fogalmi megértettség és a feladatmegoldás sikeressége gyenge korrelációt mutat, illetve az általános problémamegoldási stratégiák mellett a kémiai számítások esetén a tanulók specifikus egyedi vagy iskolában tanult megoldási sémákat is nagy gyakorisággal használnak. [[4](#_<anchor>); pp.136-137.]

Az egyes kémiai számítási feladatok esetén használt megoldási stratégiák országonként is eltéréseket mutatnak. Schmidt és Jignéus [[[9]](#endnote-9)] egy féligstrukturált interjúkra épülő kutatásban azt találta, hogy a svéd diákok egyszerű sztöchiometriai problémák megoldása során sikerrel alkalmazzák saját „logikai” megoldási módszereiket, bonyolultabb példák esetén azonban hajlamosak algoritmusok irányába fordulni. Tóth és Sebestyén [[[10]](#endnote-10)] magyarországi mintán azt találták, hogy komplex számítási feladat esetén 40% alatt marad 7-10. évfolyamon a jól beazonosítható stratégiát (anyagmennyiség, arányosság) alkalmazó diákok aránya. S bár esetükben a sikeresség (a módszertől függetlenül) 70% körül alakul, a felmérhető tudásszerkezet azt tükrözi, hogy valódi fogalmi megértés helyett izolált algoritmusként alkalmazzák a tanult stratégiát.

Magyarországi viszonylatban a fenti, anyagmennyiségen (*mole method*), illetve a megadott és keresett adatok közötti direkt arányosság (*proportionality method*) felállításán alapuló feladatmegoldási stratégiák a legelterjedtebbek. Ezeket a legtöbb tankönyv már hetedik-nyolcadik osztályban párhuzamosan ismerteti [[9](#_<anchor>)]. Magyar fejlesztésű alternatív módszer a *LEGO-elv* [[[11]](#endnote-11)], mely bizonyos számolási alapképleteken (építőkockákon), és belőlük – a megfelelő elemek szabad kombinációjaként – létrejövő egyetlen, a keresett mennyiség kiszámítását közvetlenül lehetővé tévő célformula alkalmazásán alapul. Az elterjedt *mole method* variációjaként is értelmezhető, ugyanis az alapképletek felhasználásával a megadott adatokból az anyagmennyiség meghatározására épül a célformula.

A fenti módszerek közül az *arányosság* és a *LEGO-elv* egyértelműen direkt megoldási stratégiák, vagyis a megadott adatokra fókuszálnak, és azok alapján terveznek (lényegében egyetlen, komplex lépésben) utat a megoldáshoz. A *mole method* ilyen tekintetben semlegesnek tekinthető, de az ajánlott stratégia [[4](#_<anchor>); p.138.] ez esetben is a kiindulási adatok, majd a rejtett adatok összegyűjtése, ezt követően pedig szintről szintre a potenciálisan kiszámítható mennyiségek meghatározása, az eredmény irányába vezető útvonalak azonosítása, végül a keresett mennyiség kiszámítása.

Az *útvonal-módszer* [[[12]](#endnote-12)] az előzőekkel szemben kifejezetten a keresett mennyiség kiszámítását közvetlenül lehetővé tévő mennyiségek beazonosításán, illetve ennek a szisztémának az iterálásán alapul, s tart mindaddig, míg az adatok alapján a kijelölt útvonal bejárhatóvá nem válik. A módszer részletes leírását adó McCalla szerint ezzel a problémamegoldásban kevéssé jártas diákok számára világosan kezelhető stratégia adható; ugyanakkor Smith a fentiek finomításaként javasolja az *alagút-módszer* használatát, melynek során a kiindulási adatokból kiszámítható és a keresett mennyiséghez közvetlenül szükséges mennyiségek meghatározása párhuzamosan történik, s mint az alagút két végéről indított fúrópajzsok, a gondolatmenetek középütt találkoznak, ezt követően pedig a számolás direkt irányban történik.

# További diszkusszió

*„Ami a szerző által javasolt megoldást illeti, én azt csak részben látom megvalósíthatónak, illetve hasznosnak. Véleményem szerint önmagában a számolási feladatok megoldása egy erre a célra fejlesztett szoftver használatával pont azokat a képességeket nem fejlesztené, amelyekre a tantervek a számítási feladatokat szánják.”*

A fenti számos feladatmegoldási stratégia mellé egy hosszú sorba illeszkedne a jelen cikkben felvetett megoldás, s úgy vélem, célját már akkor maximálisan eléri, ha egyszer majd legalább részben megvalósíthatónak vagy hasznosnak bizonyul. Egyfelől meg vagyok róla győződve, hogy univerzálisan optimális tanítási módszer nem létezik, s ugyanerre a tételre épül minden differenciálás és adaptív pedagógia. Másfelől pedig sajnos a jelenleg forgalomban lévő stratégiák mellett is vannak határozottan sikertelen diákcsoportok [vö. [9](#_<anchor>)].

Magyarországon a közoktatásban többségben vannak azok a diákok, akik számára nem természetes, hogy jól strukturált stratégiákat használjanak a feladatmegoldás során. Egyúttal ők azok is, akiknek a felmérhető tudásszerkezete a szakértők hierarchikus fogalmi megértését leginkább tükrözi, és mégis, az ebbe a csoportba tartozó tanulók átlagos sikeressége alig 30%, s ez az érték nem változik számottevően a középiskolában eltöltött idő előrehaladtával [[9](#_<anchor>)].

Álláspontom szerint kérdéses, hogy a jelenlegi, feladatmegoldással kapcsolatos tanári gyakorlat alkalmas-e a tanulói eredményesség vagy az attitűdök számottevő javítására, s (a komplex problémák esetében ismerten nem kiemelkedő hatásfokú) *trial-and-error* szellemében, vitaindító jelleggel kívánom bemutatni az informatikai támogatás bevonásának lehetőségét.

Potenciális rizikófaktor lehet természetesen az informatikai támogatás bevonása mellett is az a jelenség, hogy a diákok valódi megértés és a probléma átlátása nélkül érnek el a módszer alkalmazásával eredményeket, de a rendelkezésre álló felmérések alapján [[9](#_<anchor>)] jogosnak látom a feltételezést, hogy ez jelenleg sincs döntően másképp. Kérdés tehát, hogy a jelenleg (például számolási hibák által is terhelt) 70% körüli sikerességi ráta mennyivel emelhető a részeredmények helytelen képletekbe való behelyettesítésének és a számolási hibák lehetőségének kiküszöbölése által? Hiszen egy determinisztikusan programozott automata legalább ezekkel a várható előnyökkel szolgálhat.

Kétségtelenül igaz, hogy – a differenciálás keretében esetleg saját automatát megvalósító kevesek kivételével – az itt javasolt módszer a diákokról leveszi azt a kényszert, hogy az elejétől a végéig megoldási tervet készítsenek, a képletek összefüggéseit fejben is legalább részben átlássák, illetve az egyes számolási lépéseket maguk végezzék el. Úgy vélem, hogy ezek az „áldozatok” a másik oldalon kompenzálhatók viszont olyan előnyökkel, amelyekkel a korábbi módszerek kevéssé kecsegtettek.

1. Az automatizálás minden formája, így a javasolt feladatmegoldó automata is kapacitásnövekedéssel jár együtt, vagyis a diákoknak az eddigiektől eltérő módon és mértékben nyílik lehetőségük kísérletezéssel, próbálgatással tapasztalatokra szert tenni a számítási feladatok megoldása terén. Az ilyen módon a korábbinál lényegesen nagyobb mennyiségben eléjük kerülő adatok értékelése minőségi többletet jelent, egyúttal pedig felkészítheti a diákokat a folyamatosan eléjük kerülő nagy mennyiségű (szak)vélemény permanens és kritikus értékelésére.
2. Amennyiben érdeklődést mutatnak, az új stratégia megnyitja a lehetőséget egyszerű szimulációk elvégzésére, bizonyos (akár kémiai szempontból jelentős, pl. gyenge savak disszociációja híg oldatokban) határesetek vizsgálatára is. Egy adott feladaton belül ugyanis a bemenő adatok egyszerű manipulálásával az eredmény várható intervallumának számos pontja gyorsan leképezhető.
3. Akár rendelkezik a majdani feladatmegoldó automata tipikus kémiai számítási feladatokra (titrálás, elektrolízis *etc.*) specializált adatbeviteli sablonokkal, akár nem, a diákok a megoldott feladatok számának várható emelkedésén keresztül vélelmezhetően nagyobb rutinra tehetnek szert egy-egy feladat megoldásához szükséges és elégséges adathalmazok tekintetében, az ilyen jellegű tudás készségszintűvé válását elősegítve.
4. S bár, amint feljebb említésre került, a feladat megoldásának logikai menetét egy ilyen eszköz mellett már nem lenne muszáj fejben kidolgozniuk, a diákok számára egy kifejezetten oktatási céllal készített automata nem csak az elvárt eredményt, hanem a levezetés menetét és minden, a feladatban megadott adatokkal összefüggésbe hozható egyéb mennyiség kiszámítását láthatóvá teheti. Ezáltal, járulékos előnyként, a különböző fizikai-kémia mennyiségek (pl. oldatok töménységének megadására szolgáló adatok) közötti kapcsolatok jobb megértése is várható.
5. Az a folyamat, amelyen keresztül az eltárolt képletek alapján az automata a számításokat lépésről elvégzi, a képernyőre, megfelelő vizualizációs támogatással akár a papír-ceruza munkaformában megszokott módon is kiíratható. Ezáltal a kidolgozott példák száma egyenlővé válik a megoldott példák számával, és utóbb bármikor visszakereshetővé is válnak a korrekt levezetések, amennyiben a diák ennek szükségét látja.
6. A kémia kontextusától eltávolodva, általános (nyelvi) kompetenciák fejlesztéseként is értékelhető a különböző és egyre elterjedtebb robotokkal, célszoftverekkel való hatékony kommunikációra való felkészítés, ami a szintaktika ismerete mellett mindenekelőtt strukturált gondolkodást vár el a felhasználótól.

A fenti lista az új, speciális formátumból adódó potenciális előnyök *optimista* gyűjteménye. Az itt jelzett eredmények beválását minden bizonnyal kísérletek nélkül nem lehet részletesebben megjósolni vagy elemezni; azonban az optimizmust indokolhatja a tény, hogy léteznek iskolarendszerű példák a matematikaoktatásban [[[13]](#endnote-13)] a magyar sztenderdnél lényegesen magasabb funkcionalitású tudományos és grafikus kalkulátorok alkalmazására.

A számítási feladatok megoldása során jelenleg is szükséges és az új módszer mellett sem csökkenő jelentőségű képességek maradnak a szöveg értelmezése és benne a kémiai tartalom azonosítása. Elviekben ugyan lehetséges, de gyakorlatilag vélelmezhetően igen masszív mesterségesintelligencia-alapú szövegbányászati eszköz fejlesztése lenne szükséges ahhoz, hogy folyószövegből a megoldásig emberi tényező nélkül lehessen eljutni egy feladatban. Így a fogalmi megértés elősegítése, a tanulók specifikus kémiai ismereteinek elmélyítése továbbra is kiaknázható előny maradna.

A feladatmegoldó automata által a jelenlegi módszereknél kevesebb fáradsággal és kisebb energia befektetésével nyerhető megoldások mellett nem csökkenne a kapott eredmények interpretálásában, azok valósággal való összeegyeztethetőségének (nagyságrendi becslés) vizsgálatában a diákok munkája. Ez a fajta aktivitás általában is elvárható pozitív hatást gyakorolhat a tanulókra, ezáltal hozzájárulva a kémia tantárgy céljainak széleskörű megvalósításához (mindennapi helyzetekben való helytállás; álhírek, tévképzetek elkerülése).

*„Kérdéses, hogy elképzelhetők-e olyan valós élethelyzetek, amikor a diákok egy ilyen (vagy egy ennek analógiájára alkalmazható) eszközzel megoldandó feladattal találkoznak.* […] *Másrészt a tehetséges diákok* [esetében]*, akik eleve értik az egyes számolási feladattípusok megoldási algoritmusait, és ismernek különféle feladatmegoldási stratégiákat a feladatmegoldó „automata” fejlesztése valóban érdekes feladat lehet.”*

Úgy vélem, olyan élethelyzet, ahol (különösen a leendő) diákok későbbi életük során valamiféle célszoftverrel végzett, teljesítményorientált feladatkörben kell, hogy helytálljanak, nem csak, hogy elképzelhető, hanem jelenleg is igen elterjedt (adóbevallás, biztosítás-összehasonlítás, adatbázis-riportok, logisztika, ügyvitel, ipari automatizálás). Önmagában az, hogy kémiai / természettudományos céllal hétköznapi használatban egyelőre nem elterjedt ilyen megoldás, nem zárja ki, hogy belátható időn belül például az intelligens személyiasszisztens-programok (Siri, Cortana, Alexa, Google Assistant) funkcionalitásának részét képezze.

Az osztálytermi környezetben a parciális feladatmegoldó automata „fejlesztése” a szó szoros értelmében minden bizonnyal a tehetséges, érdeklődő, saját stratégiájukat ismerő és magabiztosan használó diákok munkája lehet. Azonban az itt általánosságban használt jelzők közel tetszőlegesen tág csoportot fedhetnek le: amennyiben többen dolgoznak együtt úgy, hogy fejenként csak akár egyetlen stratégiát kezelnek magabiztosan, a csoport közös eszköztára már elegendő az első automatizáláshoz. És nincsenek kizárva az együttműködésből a további osztálytársak sem, ugyanis a már elkészült automata / automaták ellenőrzése, a megoldható feladatok körének tesztelése megfelelő kritikai érzéket igénylő és fejlesztő feladat, amelynek nem követelménye (de következménye lehet) a feladatmegoldási stratégiákban való jártasság.

Végezetül néhány megjegyzés egy potenciálisan előre gyártott, és iskolai demonstrációs felhasználásra tervezett automata és a szakirodalomban jelenleg fellelhető feladatmegoldási stratégiák kapcsolatáról.

A közoktatásban az emelt szintű érettségi követelményeivel bezárólag előforduló számítási feladatok jellemzően jól definiáltak[[14]](#footnote-2), vagyis a megadott és rejtett (állandó, pl. moláris tömeg, gázok moláris térfogata) adatokból véges sok elemi képlet egymás utáni alkalmazásával a keresett mennyiség meghatározható. Az alkalmazandó képletek számának növelése a legjellemzőbb nehézséget befolyásoló tényező.

A LEGO-elv [[10](#_<anchor>)] papíron és a diákok fejében kívánja a képletek szintézisét megvalósítani, ezért álláspontom szerint a többi módszernél nagyobb gyakorlatot követel meg az alkalmazása, azonban az ilyen jellegű feladatmegoldás a számítógépes automatizálás során jól hasznosítható tapasztalatokat biztosít. A minden rendelkezésre álló adatot felhasználó, közvetlenül a keresett mennyiséget megadó *monstre* képlet egyfelől a fent említett könnyű tesztelést (a bemenő adatok változtatásával az eredmény változásának szemlélését) szolgáló fekete doboz, ha csak beviteli mezőket és egy eredménykijelzőt tartalmaz a felhasználói felülete.

Ez a megoldás hasonlatos az iparban és például az analitikai kémiai technikusi munkában használatos módszerekhez. Azonban a bemenő adatokból létrejött képlet megjelenítése hordozhat kifejezett didaktikai előnyöket is. Például a különböző adatok, és a felhasználásukkal keletkező önálló képlet-részletek színezése és grafikus megjelenítése a választott „LEGO” elnevezést jól láthatóan alátámasztja, és demonstrációs céllal alkalmazza.

Az útvonal-módszer [[11](#_<anchor>)] és a *mole method* [[9](#_<anchor>)] részletes, strukturált és fokozatosan épülő képletei másfajta, a hagyományos papíron történő feladatmegoldáshoz közelebb álló vizualizációt engednek meg. A McCalla által az útvonal-módszernek tulajdonított didaktikai előnyök ellenére úgy vélem, a programozás technikai szempontjait és a várható didaktikai hatást figyelembe véve is érdemes lehet az automatát (elsődlegesen) direkt megoldási utak keresésére tervezni. A tárolt képlet- és konstansgyűjtemény alapján meghatározhatók mindazon képletek, amelyek változói egyetlen kivétellel ismertek, azokba behelyettesítve újabb adatokhoz lehet jutni, és az eljárás mindaddig iterálható mohó algoritmussal, amíg a keresett mennyiség a kiszámított adatok között meg nem jelenik. (Opcionálisan tovább is, amíg a rendelkezésre álló adatokból kinyerhető *összes* információ meghatározásra kerül).

A módszer a szakirodalomban használt megoldási háló [[4](#_<anchor>); p.146.] [[11](#_<anchor>)] mint gráf megjelenítésére alkalmas, ezen belül színes kiemeléssel jelezhető a legrövidebb megoldási út és esetlegesen további funkciókkal (képletek lépésenkénti és összevont megjelenítése, felhasznált összefüggések külön listázása) bővíthető a szolgáltatás.

Az előzőekben említett gráf-analógia természetesen megengedi az útvonal- és alagút-módszerek [[11](#_<anchor>)] alkalmazását is a programban, megvalósult univerzális automata esetében pedig potenciális szolgáltatás lehet a különböző módszerekkel nyerhető megoldási út összehasonlító megjelenítése is.

*Summa summarum*: a feladatmegoldó automaták megvalósítása a kémia szakmódszertan jellemző feladatmegoldási stratégiáitól eltérő, illetve azokat szintetizáló megközelítést alkalmaz; összességében pedig kijelenthető, hogy a gondolatkísérlet alapján a módszer a kémiatanítás számos céljának várhatóan megfelel, konkrét parciális automata megvalósítása és kísérletek tervezése pedig további adatokkal szolgálhat a módszer eredményességéről.

1. # <anchor>

[] Szabó, Cs., & Vásárhelyi, É. (2016.). Szakmódszertan egy matematikus és egy didaktikus szemszögéből. *(előadás, 2016. november 24.)*
<https://www.elte.hu/content/a-matematikai-szakmodszertanrol.e.7849> (hozzáférés dátuma: 2016.12.18.) [↑](#endnote-ref-2)
2. [] Misley, H. (Ed.) Digitális pedagógus és nemzedék konferencia 2016. *(konferenciakötet)*
[online [PDF](http://levaid.web.elte.hu/DigiPed_2016/DIGIT%C3%81LIS%20PEDAG%C3%93GUS%20%C3%89S%20NEMZED%C3%89K%20KONFERENCIA%202016_konferenciak%C3%B6tet_ISBN.pdf) fájl] (hozzáférés dátuma: 2016.12.18.) [↑](#endnote-ref-3)
3. [] [Levelezőlista-archívum](https://listbox.elte.hu/pipermail/kemtaninfo/2015q2/000857.html) (hozzáférés dátuma:2016.12.18.) [↑](#endnote-ref-4)
4. [] Szalay, L. et al. (2015.). A kémiatanítás módszertana. *(jegyzet, ELTE TTK)*
[online [PDF](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/kemiatanitas_modszertana_jegyzet.pdf#page=135) fájl] (hozzáférés dátuma: 2016.12.19.) [↑](#endnote-ref-5)
5. [] Wolfram|Alpha widgetek (példák)
 [oldatok hígítása](http://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=38d66927d7b71ab0f336a30f8b11b9ed); [víz fagyása](http://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=bd8695c31b10f40b859e2e3edee31b44); [pH-kalkulátor](http://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=4f41dd9d6beac8e8648b9c211f89546a) (hozzáférés dátuma: 2016.12.18.) [↑](#endnote-ref-6)
6. Sajnos ez utóbbi esetben a kétértékű savak kezelése például komoly problémát jelent, a widget hibás eredményeket szolgáltat. Mindez csak megerősíti az egyébként közismert tételt, miszerint a „harmadik féltől” származó segédeszközök alkalmazásánál különös körültekintéssel kell eljárni. [↑](#footnote-ref-1)
7. [] Pitlik, L., Pitlik, L., Pitlik, M., & Pitlik, M. (2015.). Solver-alapú feladatmegoldás didaktikai előnyei és hátrányai. *Magyar Internetes Agrár/Alkalmazott Informatikai Újság, No208.*
[online [XLS](http://miau.gau.hu/miau/208/solver_csodak_001.xls) fájl] (hozzáférés dátuma: 2016.12.18.) [↑](#endnote-ref-7)
8. [] Kémia emelt szintű érettségi, [8. feladat](http://dload.oktatas.educatio.hu/erettsegi/feladatok2011osz/emelt/e_kem_11okt_fl.pdf#page=14); 2011. október (hozzáférés dátuma: 2016.12.18.) [↑](#endnote-ref-8)
9. [] Schmidt, H-J., & Jignéus, C. (2003.). Students Strategies in Solving Algorithmic Stoichiometry Problems. *Chemistry Education: Research and Practice, 4.*(3.), 305-317. [↑](#endnote-ref-9)
10. [] Tóth, Z., & Sebestyén, A. (2009.). Relationship between Students’ Knowledge Structure and Problem-Solving Strategy in Stoichiometric Problems based on the Chemical Equation. *Eurasian J. Phys. Chem. Educ., 1.*(1.), 8-20. [↑](#endnote-ref-10)
11. [] Molnár, J., & Molnár-Hamvas, L. (2011.). LEGO-Method – New Strategy for Chemistry Calculation. *US-China Education Review B, 7.*, 891-908. [↑](#endnote-ref-11)
12. [] Smith, A. L. H.,& McCalla, J. (2004.). Letters: Problem Solving with Pathways. *J. Chem. Educ., 81.*(6.), 803-804. [↑](#endnote-ref-12)
13. [] Stoppel, H. (2010.). *Stochastik und Statistik: Kopiervorlagen mit Übungen und Lösungsanleitungen für den ClassPad*. Aulis-Verlag [↑](#endnote-ref-13)
14. Bizonyos, kifejezetten versenyszintű feladatok esetében a megadott adatokból több potenciális eredmény, vagy egy intervallum határozható meg, amelyen belül bizonyos nem-képletszerű (pl. vegyértékek jellemző száma, szerves vegyületek C-H aránya *etc.*) ismeretek beépítésével lehetséges a kérdés megválaszolása. Az ilyen jellegű feladatok automatizált megoldása magasabb rendű, véleményem szerint akár a teljes szövegbányászati értelmezéssel összemérhető komplexitású probléma, melyre ritkaságánál, és az érintettek magas bemeneti problémamegoldó képességénél fogva automata fejlesztése nem feltétlenül szükséges vagy lehetséges. [↑](#footnote-ref-2)