

# MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

**Dr. Tóth Zoltán – Dr. Radnóti Katalin**

## Elsőéves BSc-hallgatók sikeressége egy meghatározó reagenssel kapcsolatos számítási feladat megoldásában

### 1. Bevezetés és célkitűzések

A meghatározó reagens elvének, mint a kémiai reakciók minimumtörvényének ismerete és az ezzel kapcsolatos problémák megoldása alapvető fontosságú a sztöchiometriai számításokban, annak ellenére, hogy a magyar kémiatankönyvek és példatárak többsége direkt módon nem foglalkozik vele. Korábbi felmérések (Tóth, 1993; 1998; 1999a) bizonyítják, hogy szakirányú felsőfokú tanulmányokra készülő 11. évfolyamos diákok közel fele nem képes olyan, a meghatározó reagenssel kapcsolatos egyszerű feladatot megoldani, mint pl. hogy hány g víz keletkezhet 4,00 gramm hidrogén és 16,0 gramm oxigén reakciójában.

Egy országos tudásszint-mérés keretében – melynek célja az egyetemi alapképzésbe belépő kémia-, vegyészmérnök-, biomérnök- és környezetan-szakos hallgatók kémiai tudásának felmérése volt – az első éves hallgatóknak meg kellett oldaniuk egy ilyen jellegű egyszerű feladatot is. A megoldások részletes értékelésével a következő kérdésekre kerestünk választ:

- 1) Milyen sikerességgel oldják meg az egyetemi tanulmányaikat kezdő hallgatók az ilyen típusú feladatokat?
- 2) Van-e különbség a feladatmegoldás sikerességében a kémiából különböző szinten és eredménnyel érettségizettek között?
- 3) Van-e szignifikáns különbség a lányok és a fiúk teljesítménye között?
- 4) Milyen megoldási stratégiákkal dolgoznak a hallgatók?
- 5) Melyek azok a legfontosabb típushibák, tévképzetek, hibás stratégiák, amelyek felbukkannak a megoldásokban?

## 2. Elméleti háttér

### 2.1. A meghatározó reagens fogalma

Egy kémiai reakció során a keletkezett termékek mennyiségét mindig az a kiindulási anyag határozza meg, amely a sztöchiometriai arányhoz képest kisebb mennyiségben van jelen. A meghatározó reagens fogalmának tanítására jól alkalmazható analógiák és kísérletek találhatók Tóth (1998; 1999a; 1999b) tanulmányaiban.

### 2.2. A meghatározó reagens kiválasztásának módszerei

A meghatározó reagens kiválasztására – és így a velük kapcsolatos számítási feladatok megoldására is – ötféle módszert ismerünk. Ezeket a felmérésben is szereplő feladat megoldásán keresztül mutatjuk be.

A feladat a következő volt:

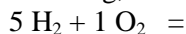
„Hány gramm víz keletkezhet, ha egy 10 g hidrogéngázt és 32 g oxigéngázt tartalmazó gázelegyet meggyújtunk?”

1. stratégia: Próbálgatás – akár a reakcióegyenlettel, akár a reakcióban résztvevő anyagok mennyiségével.

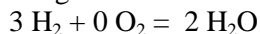
Esetünkben ez a következő lehet:

a) Reakcióegyenlettel:

Van 10 g, azaz 5,0 mol  $H_2$  és 32 g, azaz 1,0 mol  $O_2$ .



Reagáltassunk 1 mol  $O_2$ -t 2 mol  $H_2$ -vel:



Mivel már el is fogyott az  $O_2$ , tovább nem kell (nem lehet) újabb mól  $H_2$ -t reakcióba vinni, azaz a reakció során 2,0 mol (**36,0 g**) víz keletkezett és még maradt 3,0 mol (6,0 g) hidrogéngáz.

b) Anyagmennyiségekkel:

Ha 5,0 mol  $H_2$ -ből és 1,0 mol  $O_2$ -ből 2,0 mol  $H_2$ -t és 1,0 mol  $O_2$ -t reagáltatunk, akkor 2,0 mol  $H_2O$  keletkezik.

Ezzel az  $O_2$  már el is fogyott, tehát több víz nem keletkezhet, azaz 2,0 mol (**36,0 g**) vizet kapunk.

c) Tömegekkel:

Van 10 g  $H_2$  és 32 g  $O_2$ . Reagáltassunk 32 g  $O_2$ -t, ehhez szükséges 4,0 g  $H_2$ , és keletkezik **36,0 g** víz. Mivel az  $O_2$  elfogyott, ezért több víz már nem keletkezhet.

A próbálgatás, mint a hallgatók leggyakrabban használt megoldási módszere, könnyen alkalmazható, ha a változtatandó mennyiségeket egész számmal változtatjuk, és mindössze egy független változót kell variálni.

2. stratégia: Összehasonlítás – a kiindulási anyagok tényleges anyagmennyiségéből (tömegéből) képzett arányt összehasonlítjuk a sztöchiometriai mól- (vagy tömeg-) aránnyal.

10,0 g  $H_2$  anyagmennyisége 5,0 mol; 32 g  $O_2$  anyagmennyisége 1,0 mol. A tényleges mólarány tehát:  $n(H_2):n(O_2) = 5,0:1,0 = 5,0$ . A sztöchiometriai mólarány viszont  $2,0:1,0 = 2,0$ . A tényleges mólarány nagyobb, mint a sztöchiometriai arány, azaz a tényleges mólarány számlálója nagyobb, mint a sztöchiometrikus arányé, azaz a hidrogéngáz

tényleges mennyisége nagyobb, mint a sztöchiometrikus mennyisége, ezért az oxigén fog maradéktalanul átalakulni, az oxigén a meghatározó reagens. 1,0 mol  $O_2$ -ből pedig 2,0 mol  $H_2O$  lesz, tehát **36,0 g** víz keletkezik.

3. stratégia: Feltételezéssel – feltételezzük, hogy az egyik kiválasztott reagens maradék nélkül átalakul, és megnézzük, hogy van-e ehhez elegendő mennyiség a másik reagensből.

Tételezzük fel, hogy mind a 10 g (5 mol)  $H_2$  átalakul. Ehhez fele ennyi mól, azaz 2,5 mol  $O_2$ -re lenne szükség. Nincs ennyi  $O_2$ , tehát a  $H_2$  teljes mennyisége nem alakulhat át, következésképpen nem a  $H_2$ , hanem az  $O_2$  a meghatározó reagens. 1,0 mol  $O_2$ -ből pedig 2,0 mol, azaz **36,0 g** víz keletkezik.

4. stratégia: Az összes lehetőség figyelembevételével – kiszámoljuk külön-külön, hogy mennyi víz keletkezhetne a hidrogénből, és mennyi az oxigénből. A kisebb kapott eredmény a valós.

10 g, azaz 5,0 mol  $H_2$ -ből 5,0 mol víz keletkezhetne;

32 g, azaz 1,0 mol  $O_2$ -ből 2,0 mol víz keletkezhetne.

A reakcióban tehát csak 2,0 mol (**36,0 g**) víz fog keletkezni, azaz az  $O_2$  a meghatározó reagens.

5. stratégia: Redukált anyagmennyiséggel – mindegyik reagensre kiszámoljuk a tényleges anyagmennyiség és a sztöchiometriai együttható hányadosát („redukált anyagmennyiséget”), és amelyik reagensre ez a legkisebb, az lesz a meghatározó reagens.

A hidrogén redukált anyagmennyisége:  $5,0 \text{ mol} : 2 = 2,5 \text{ mol}$ .

Az oxigén redukált anyagmennyisége:  $1,0 \text{ mol} : 1 = 1,0 \text{ mol}$ .

Mivel az oxigén redukált anyagmennyisége a legkisebb, ezért ez lesz a meghatározó reagens, 1,0 mol  $O_2$ -ből pedig 2,0 mol (**36,0 g**) víz keletkezhet.

Ez a stratégia különösen akkor eredményes, ha nem két, hanem három vagy több anyagból kell kiválasztani a meghatározó reagenst.

### 3. A felmérés és értékelés módszerei

Az országos felmérésre 2009. szeptember 2-án 10 órától került sor az ország 6 felsőoktatási intézményében. Az adatokat központilag értékeltük. Országos szinten összesen 1089 hallgató adatai kerültek feldolgozásra.

Az országos felmérés eredményeinek részletes értékelése egyikünk (R. K.) honlapján tekinthető meg:

<http://members.iif.hu/rad8012>.

#### 3.1. A mérőeszköz

Az országos feladatsor 10 feladatot tartalmazott, melynek hibátlan megoldásával 70 pontot lehetett szerezni. A jelen elemzésünk tárgyát képező, az előzőekben részletezett feladat pontértéke 2 volt. A feladatok megoldására 60 percet kaptak a hallgatók. A feladatlapon rákérdeztünk a hallgatók néhány fontos háttéradatára (szak, nem, versenyen való részvétel, kémia érettségi szintje és eredménye, első helyen jelölte-e a szakját stb.), valamint begyűjtöttük a hallgatók felvételi pontszámát is.

#### 3.2. Az értékelés eszközei

Az adatokat Excel, illetve SPSS környezetben működő statisztikai programokkal elemeztük.

#### 3.3. A minta bemutatása

Az országos felmérés mintájának összetételét az 1. táblázat tartalmazza. A hallgatók az ország 6 felsőoktatási intézményéből kerültek ki, valamennyien 2009. szeptemberében kezdték felsőfokú tanulmányaikat olyan szakokon (kémia, vegyészmérnök, biomérnök, anyagszaktudomány, környezetgazdálkodás), ahol kémiai alapismeretekre feltétlenül szükség van.

A felmérésben részt vett debreceni hallgatók valamennyien a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának kémia, vegyészmérnöki vagy biomérnöki szakjára nyertek felvételt. A felmérést a felvettek 76%-a írta meg. Néhány fontosabb adat a 2. táblázatban található. Látható, hogy a kémia és a vegyészmérnök minta mind a nemek szerinti összetételben, mind a szakjelölés sorrendjében és a kémiai

érettségizettek arányában hasonló, ugyanakkor a felvételi pontszámok tekintetében a két mérnöki minta hasonlósága szembetűnő.

1. táblázat. A teljes (országos) minta fontosabb jellemzői

	Kémia BSc	Vegyészmérnök BSc	Biomérnök BSc	Környezet-tan BSc	Anyagszaktudomány BSc
Hallgatók száma	264	263	202	336	24
Férfiak aránya	47,3%	58,6%	37,6%	44%	75%
Érettségizett kémiaiából	89,7%	88,2%	41,1%	12,5%	12,5
Felvételi pontok átlaga	357 ± 72	398 ± 52	383 ± 47	321 ± 66	258 ± 41

2. táblázat. A debreceni minta fontosabb jellemzői

	Kémia BSc	Vegyészmérnök BSc	Biomérnök BSc
Hallgatók száma	65	97	42
Férfiak aránya	54%	53%	29%
Első helyen jelölte a szakot	75%	73%	48%
Érettségizett kémiaiából	91%	87%	33%
Felvételi pontok átlaga	344 ± 76	367 ± 42	362 ± 41

## 4. Eredmények

### 4.1. A feladatmegoldás eredményessége

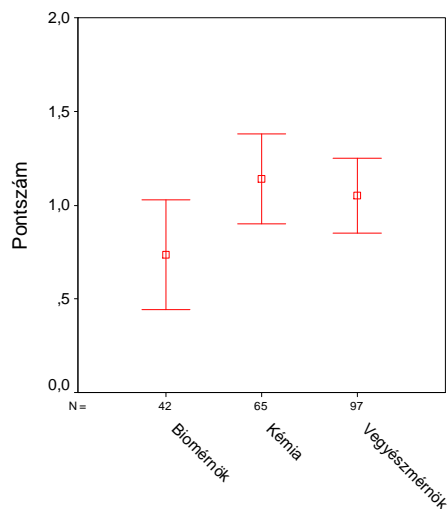
A meghatározó reagens fogalmához kapcsolódó sztöchiometriai probléma megoldására – országos szinten – a felmérésben részt vett 1089 hallgató közül 528 (48,5%) kapott 0 pontot. A megoldás sikerességének országos átlaga 45,7%, a debreceni átlag valamivel jobb, 50,7% volt.

Amint az a 3. táblázat és az 1. ábra adataiból kiderül, legjobb eredményt a kémia és a vegyészmérnök BSc-s hallgatók érték el.

Teljesítményük szignifikánsan jobb volt a többi szak teljesítményétől. (Megjegyezzük, hogy a debreceni minta esetén a szakok közötti különbségek az elvégzett varianciaanalízis alapján nem szignifikánsak.)

3. táblázat. A különböző szakos hallgatók átlageredménye az országos mintában

Szak	Eredményesség	
Kémia BSc	1,16 ± 0,92	58,0 %
Vegyésmérnök BSc	1,28 ± 0,94	63,9 %
Biomérnök BSc	0,91 ± 0,92	45,3 %
Anyagmérnök BSc	0,63 ± 0,88	31,3 %
Környezettan BSc	0,46 ± 0,76	23,1 %



1. ábra. A biomérnök-, kémia- és vegyésmérnök-hallgatók átlagos teljesítménye a debreceni mintában

#### 4.2. A kémia érettségi szintjének és eredményének hatása a feladatmegoldás eredményességére

Már a felmérés egészének értékelésekor kiderült, hogy a teszt eredményessége nagymértékben függ a kémia érettségi szintjétől. A

kémiából emelt szinten érettségizettek szignifikánsan jobb eredményt (67,6 %) értek el a közép szinten érettségizettekkel (42,5 %) szemben, és szignifikánsan leggyengébb eredményt (16,1 %) produkáltak azok a hallgatók, akik kémiából egyáltalán nem érettségiztek.

Hasonló tendencia figyelhető meg a meghatározó reagens alkalmazásával kapcsolatos probléma megoldása során is, ahogy azt a 4. táblázat adatai mutatják.

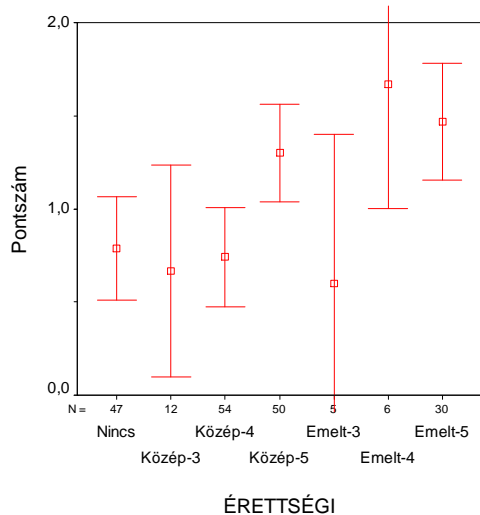
4. táblázat. Az országos minta eredményességének függése a kémia érettségi szintjétől

Kémia érettségi szintje (hallgatók száma)	Eredményesség	
Nem érettségizett (491)	0,53 ± 0,80	26,3 %
Közép szinten érettségizett (391)	1,06 ± 0,94	52,9 %
Emelt szinten érettségizett (205)	1,57 ± 0,78	78,3 %

Amennyiben az elemzésbe nemcsak az érettségi szintjét, hanem eredményét is bevonjuk, akkor azt találjuk, hogy a jeles kémia érettséggel rendelkező hallgatók szignifikánsan jobb eredményt értek el, mint a többiek (5. táblázat és 2. ábra). Megjegyezzük, hogy a debreceni minta esetében elvégzett varianciaanalízis – egyes csoportok kis létszáma és az átlageredmény nagy hibája miatt – csak az emelt-5 és nem érettségizettek, az emelt-5 és közép-4, valamint a közép-5 és közép-4 csoportok teljesítménye között mutatott szignifikáns ( $p < 0,05$ ) különbséget.

5. táblázat. Az országos minta eredményességének függése a kémia érettségi szintjétől és eredményétől

Kémia érettségi szintje és eredménye (hallgatók száma)	Eredményesség
Nem érettségizett (491)	26,3 %
Közép szintű 2 v. 3 (40)	30,0 %
Közép szintű 4 (158)	42,5 %
Közép szintű 5 (185)	67,4 %
Emelt szintű 2 v. 3 (16)	43,8 %
Emelt szintű 4 (16)	50,0 %
Emelt szintű 5 (173)	84,1 %



2. ábra. A kémia érettségi szintjének és eredményének hatása a feladatmegoldás eredményességére a debreceni mintában

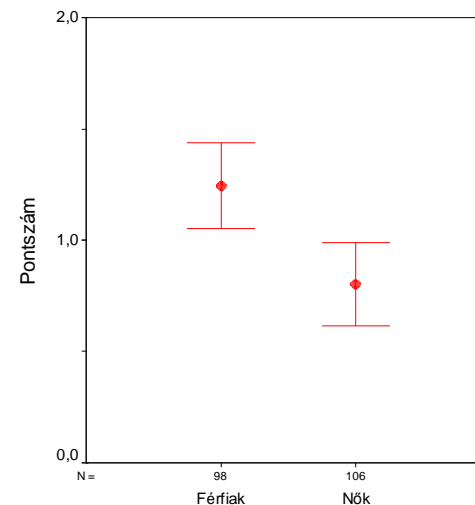
#### 4.3. A férfiak és a nők eredményességének összehasonlítása

Jelentős különbséget találtunk a férfiak és a nők eredményességében – a férfiak javára. Mind az országos mintában (6. táblázat), mind a debreceni mintában (3. ábra) a férfiak szignifikánsan jobb eredményt értek el a meghatározó reagenssel kapcsolatos probléma megoldásában, mint a nők. (Hasonlóan ehhez, a teljes feladatlapon is szignifikánsan jobban teljesítettek a férfi hallgatók, mint a nők.)

6. táblázat. Az országos minta eredményességének függése a kémia érettségi szintjétől

Nem (hallgatók száma)	Eredményesség	
Férfi (519)	1,12 ± 0,95	55,8 %
Nő (561)	0,73 ± 0,89	36,4 %

A debreceni mintában a férfiak (átlag: 62,0%) szignifikánsan ( $p = 0,001$ ) jobb eredményt értek el a meghatározó reagenssel kapcsolatos kémiai feladat megoldásában, mint a nők (40,0%).



3. ábra. A férfiak és a nők eredményességének összehasonlítása a debreceni mintában

\*

A megoldások tartalmi elemzését csak a debreceni mintában volt lehetőségünk elvégezni, ezért a most következő értékelések csak a debreceni mintára vonatkoznak.

#### 4.4. A debreceni hallgatók által alkalmazott megoldási módszerek

A megoldási módszerek gyakoriságát és eredményességét a 7. táblázatban tüntettük fel. Sajnos, az adatok egyszerűsége miatt nagy számban fordultak elő azonosíthatatlan megoldási módszerek (pl. csak a reakcióegyenlet és a végeredmény, vagy csak a reakcióegyenlet, a kiindulási adatok és a végeredmény szerepel). Ezt leszámítva megállapítható, hogy legtöbben az összehasonlítás (2. stratégia) módszerével dolgoztak, ezt követi a próbálgatás (1. stratégia). Viszonylag kevesen használták a feltételezés módszerét (3. stratégia). Ugyancsak kevesen számolták ki az összes lehetőséget (4. stratégia), és nem találtunk példát a redukált anyagmennyiségek használatára (5. stratégia). Eredményesség tekintetében a feltételezéssel való számolás (3. stratégia)

bizonyult a legjobbnak, bár ezt a módszert csak hárman alkalmazták. Jó eredménnyel használták a hallgatók viszont a két legnépszerűbb megoldási módszert: a próbálgatást (1. stratégia) és az összehasonlítást (2. stratégia).

7. táblázat. A debreceni hallgatók megoldásaiban előforduló módszerek gyakorisága és azok eredményessége

Megoldási módszer	Kémia	Vegyész-mérnök	Bio-mérnök	Összes	Eredményesség
Próbálgatás	3	12	4	19	79%
Összehasonlítás	16	22	2	40	90%
Feltételezés	-	3	-	3	100%
Összes lehetőség	3	1	1	5	40%
Nem azonosítható	24	32	23	79	53%
Nincs megoldás	1	-	5	6	-
Részmegoldás	4	3	2	9	-
Hibás stratégia	14	24	5	43	-

#### 4.5. Hibás megoldási stratégiák

A hibás megoldási stratégiák alapvetően kétfélék voltak (8. táblázat).

A hallgatók több, mint 10%-a az adatbázisban (és a feladat szövegezése alapján felírt reakcióegyenletben) első helyen álló kiindulási anyagból, a hidrogén mennyiségéből számolta ki a víz tömegét, nem törődve azzal, hogy nincs elegendő oxigén a hidrogén teljes mennyiségének elégetéséhez.

A másik, tipikusan rossz megoldás, hogy – feltehetően a tömegmegmaradás elve alapján – a hallgatók egy része egyszerűen összeadta a kiindulási anyagok tömegét, és így próbálta megállapítani a termék (a víz) tömegét. Sajnos, ennek a tipikusan hibás megoldásnak – amit korábban már Kovácsné Csányi Csilla (1998) is leírt – az alapja, hogy a kémiatankönyveink többségében hibásan szerepel a tömegmegmaradás törvényének kémiai reakciókra történő megfogalmazása. A legtöbb tankönyv ugyanis a következőképpen fogalmazza meg: „A kémiai reakciókban a kiindulási anyagok együttes tömege megegyezik a keletkezett anyagok tömegének összegével.” Ez a

meghatározás ugyanis csak akkor igaz, ha (1) a kiindulási anyagok sztöchiometrikus mennyiségben vannak jelen; és (2) az átalakulás teljes mértékű. A tömegmegmaradás törvényének helyes megfogalmazása a következő: zárt rendszerben végbemenő kémiai reakció során a rendszer össztömege nem változik meg.

Előfordult még egy-egy megoldás erejéig, hogy a hallgató a víz anyagmennyiségét a kiindulási anyagok anyagmennyiségének összeadásával állapította meg, illetve az is, hogy a víz tömegét a kiindulási anyagok sztöchiometrikus (reakcióegyenlet által jelölt) összes anyagmennyiségének és a tényleges összes anyagmennyiségének aránya alapján határozta meg.

8. táblázat. A debreceni hallgatók hibás megoldási stratégiáinak gyakorisága

Hibás megoldási stratégia	Kémia	Vegyész-mérnök	Bio-mérnök	Összes
Hidrogénből számolt	8	13	1	22
Összeadta a tömegeket	5	10	4	19
Összeadta az anyagmennyiségeket	1	-	-	1
Az anyagmennyiségek arányában számolt tömeget	-	1	-	1

#### 4.6. További figyelemre méltó hibák

A hallgatók megoldásaiban további hibákra is felfigyeltünk (9. táblázat). Ezek elsősorban a kémiai egyenlet és az anyagmennyiség jelentésének és fogalmának meg nem értéséről tanúskodnak.

Hét hallgató nem tudta helyesen felírni a hidrogén égési egyenletét, egy hallgató a termékek között szén-dioxidot is szerepeltetett a víz mellett. Bizonyára megszokta, hogy a hétköznapi égési reakciók során mindig keletkezik szén-dioxid is.

Tíz hallgató nem tett különbséget a mólarány és a tömegarány között. Ez egyrészt abban nyilvánult meg, hogy – szerintük – a reakcióegyenlet alapján az egymással reakcióba lépő hidrogén és oxigén

tömegaránya 2:1, másrészt a kiindulási anyagok tényleges mólaránya 10:32.

Igen gyakori volt az elemi gázok jelölése esetén az atomok és a molekulák keverése. Sokan például a hidrogént atomosan, az oxigént molekulárisan írták fel, vagy fordítva.

Előfordult, hogy moláris tömegként a reakcióegyenletben feltüntetett mennyiséget jelölték meg, pl. a hidrogén moláris tömegét 4 g/mol-nak, a víz moláris tömegét 36 g/mol-nak vették. Irodalmi adatok alapján (Kovácsné, 1998) ez a hiba sem tekinthető egyedinek.

9. táblázat. További hibák előfordulása a debreceni hallgatók megoldásaiban

Hibás megoldási stratégia	Kémia	Vegyész-mérnök	Bio-mérnök	Összes
Hibás reakcióegyenlet	2	4	1	7
Mólarány egyenlő a tömegarányval	-	4	6	10
Atomok és molekulák	7	11	8	26
Hibás „moláris” tömeg	2	1	-	3

## 5. Az eredmények összefoglaló értékelése

Régóta sejtett – és a nemzetközi szakirodalomban megjelent számos tanulmányban (Nurrenbern és Pickering, 1987; Nakhleh, 1993; Nakhleh és Mitchell, 1993; Cracolice, Deming és Ehlert, 2008; Tóth és Sebestyén, 2009) empirikusan is bizonyított – tény, hogy a kémiai számítási feladatok megoldásában való jártasság nem feltétlenül utal a fogalmi megértésre, sok esetben csak tanult algoritmusok mechanikus alkalmazását jelenti. Ebből a szempontból – magyarországi viszonylatban – kivételnek tekinthető a meghatározó reagens problematikájával kapcsolatos feladattípus, mivel ennek megoldására általában nem szoktak algoritmusokat tanítani. Jogosan feltételezzük tehát, hogy az ilyen típusú feladatok megoldása igazi próbaköve a sztöchiometriai számítások valódi (fogalmi) megértésének. Ezért fordítottunk kiemelt figyelmet egy

országos tudásszint-mérés feladatsorában szereplő ilyen egyszerű feladatnak.

Adataink szerint a meghatározó reagens témakörével kapcsolatos egyszerű számítási feladat megoldásának sikerességét befolyásolja a hallgatók szakja, valamint az, hogy milyen szinten és eredménnyel tettek érettségit kémiából. A kémia és vegyészmérnök BSc-s hallgatók jobb eredményt értek el a többi szakosoknál. Ugyancsak megfigyelhető volt, hogy a kémiából jeles érettségivel rendelkezők is jóval sikeresebben oldották meg a meghatározó reagenssel kapcsolatos feladatot, mint a gyengébb eredményű kémia érettségivel rendelkezők, illetve a kémiából nem érettségizettek. Ezek az adatok is felhívják a figyelmet a kémia érettségi fontosságára azon hallgatók esetén, akik kémiai alapismereteket igénylő szakokon szeretnének továbbtanulni.

Szignifikáns különbséget találtunk a férfiak és a nők teljesítményében – a férfiak javára. Ez – valószínűleg – összefügg a két nem eltérő pályaválasztási szokásaival. A reál és műszaki pályák kevésbé vonzzák a jó képességű lányokat, mint például a gyógyszerész vagy az orvosi képzés, ahol szintén kiemelt szerepe van a kémiának.

A megoldások tartalmi elemzése lehetőséget nyújtott a hallgatók által alkalmazott jó és rossz megoldási stratégiák, valamint a fogalmi megértés zavaraira utaló jellemző hibák feltárására.

Megállapítottuk, hogy a hallgatók leginkább az összehasonlítás és a próbálgatás módszerét alkalmazták. Ugyanakkor tudnunk kell, hogy az alkalmazott megoldási módszert nagymértékben befolyásolja a feladat összetettsége és adatbázisa (Schmidt, 1994; 1997). Elképzelhető, hogy más típusú adatbázissal más eredményre jutottunk volna.

A hibás megoldási stratégiák közül kiemelkedik a sorrendben az első helyen álló reagens (a hidrogén) mennyiségéből való számolás. Ezért is nagyon vigyázni kell az ilyen jellegű feladatok készítőinek, hogy ne az első helyen megnevezett vagy a reakcióegyenletben az első helyen álló anyag legyen a meghatározó reagens, mert ez álhelyes megoldásokat eredményezhet.

Valószínű, hogy a tömegmegmaradás törvényének helytelen tankönyvi megfogalmazása eredményezi a másik, tipikusan hibás megoldást: egyesülési reakciók esetén a termék tömegét a kiindulási anyagok tömegének egyszerű összeadásával számolják ki.

Megfigyelhető volt még – szerencsére nem nagy számban – a mólarány és a tömegarány, az atomok és a molekulák

megkülönböztetésének hiánya, valamint a moláris tömeg helytelen, a reakcióegyenletben feltüntetett mennyiséggel való azonosítása.

Eredményeink azt mutatják, hogy a meghatározó reagens témakörével kapcsolatos egyszerű feladatok is alkalmasak a fogalmi megértésen alapuló feladatmegoldás mérésére, és hogy az egyetemi tanulmányaikat kezdő kémiászakos, vegyészmérnök- és biomérnök-hallgatók jelentős hányada (közel fele, esetleg 60%-a is) vagy egyáltalán nem tud kémiai egyenleteken alapuló feladatokat megoldani, vagy ha tud is, azt nem a fogalmi megértés alapján, inkább a tanult algoritmusok mechanikus alkalmazásával teszi.

## 6. Irodalomjegyzék

*Cracolice, M.S., Deming, J.C. és Ehlert, B.* (2008): Concept learning versus problem solving: A cognitive difference. *Journal of Chemical Education*, 85, 873-878.

*Kovácsné Csányi Cs.* (1998): A Budapesti TIT kémia feladatmegoldó verseny tapasztalatai. *Módszertani Lapok – Kémia*, 5 (1) 31-33.

*Nakhleh, M.B.* (1993): Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? *Journal of Chemical Education*, 70, 52-55.

*Nakhleh, M.B. és Mitchell, R.C.* (1993): Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of Chemical Education*, 70, 190-192.

*Nurrenbern, S.C. és Pickering, M.* (1987): Concept learning versus problem solving: is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.

*Schmidt, H-J.* (1994): Stoichiometric problem solving in high school chemistry. *International Journal of Science Education*, 16 (2) 191-200.

*Schmidt, H-J.* (1997): An alternate path to stoichiometric problem solving. *Research in Science Education*, 27 (2) 237-249.

*Tóth Z.* (1993): Gyors eljárás a példamegoldásban való jártasság mérésére. *A Kémia Tanítása*, 1 (3) 10-13.

*Tóth Z.* (1998): A meghatározó reagens – egy fontos sztöchiometriai fogalom, ami a magyar kémiakönyvekből kimaradt.

Módszerek és Eljárások, 10. (Szerk.: Tóth Z.), KLTE Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 67-72.

*Tóth Z.* (1999a): A meghatározó reagens. *Módszertani Lapok – Kémia*, 6 (1) 1-6.

*Tóth Z.* (1999b): Limiting reactant (An alternative analogy). *Journal of Chemical Education*, 76 (7) 934.

*Tóth Z. és Sebestyén A.* (2009): Relationship between students' knowledge structure and problem-solving strategy in stoichiometric problems based on the chemical equation. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 1 (1) 8-20.