

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásaikat 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@yahoo.com, Telefon: 06 30 313 9753.

Molnár József – Molnárné Hamvas Livia

A LEGO[®]-elvről diákoknak

A kémiai számításokat csak a diákok egy része kedveli – általában ők azok, akik szeretik a matematikát is, és nem idegenkednek a kémia tantárgytól sem. A tanulók többsége teljesen feleslegesnek ítéli, mondván ők nem vegyésznek készülnek. A kémiai tanulmányok kezdetén további nehézséget jelent az is, hogy a kémiai gondolkodásmódot nem tudják olyan rövid idő alatt elsajátítani, hogy megfelelően alkalmazzák a számítási feladatok megoldásában.

Az újonnan kifejlesztett számítási módszer elsősorban azoknak a diákoknak próbál segítséget nyújtani, akiknek a kémiai számítási feladatok megoldása nehézséget jelent. Természetesen a módszer nem nélkülözi a kémiai alapismeretek elsajátítását. A LEGO[®]-elv használatával, egyszerű logikus lépések begyakorlásával jó eredményeket lehet elérni a kémiai számítások elsajátításában. A bonyolultnak tűnő, összetett feladatok is

átláthatókká válnak, megoldásuk sokkal kevésbé időigényes, mintha a korábban használt módszerek bármelyikével dolgozunk.

A LEGO[®]-elv lényege, hogy az anyagmennyiség és a moláris mennyiségek összefüggéseit – mint könnyen átlátható kis egységeket (*építőelemeket*) – alkalmazzuk néhány alapképletben (*alappanelben*), és a feladatot algebrai úton oldjuk meg.

A számítási metodika alkalmazása során nagyon fontos szerepet kap a feladat értelmezése, valamint a fogalmak és a mértékegységek következetes (és helyes) használata. A módszer nem bontja részlépésekre a számítások megoldásait, hanem az ismert kiindulási és a keresett fizikai vagy kémiai mennyiségek feltérképezése után, egyszerű képletek segítségével juttat el a megoldásig.

A LEGO[®]-elven alapuló kémiai számításokban három *alappanelt* használunk, attól függően, hogy lejátszódik-e kémiai reakció vagy sem, illetve az ismert és a keresett adatok ugyanarra az anyagféleségre vonatkoznak-e.

A számítások *építőelemei* a különböző fizikai és kémiai mennyiségek és az anyagmennyiség közötti összefüggések, pl.:

$n = \frac{N}{N_A}$	$n = \frac{m}{M}$	$n = \frac{V}{V_o}$	$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$	$n = \frac{I \cdot t}{F}$
---------------------	-------------------	---------------------	-----------------------------------	---------------------------

Többkomponensű rendszerek esetén ezekhez további építőelemek adódnak, pl. a különböző koncentrációk, illetve tört vagy százalékos töménységek képletei. Gyakran szükséges a sűrűség kifejezésének használata is.

A feladatok megoldásakor először kiválasztjuk a megfelelő alapképletet (*alappanelt*), csoportosítjuk az ismert és a keresett adatoknak megfelelő összefüggéseket (*építőelemeket*), majd azokat ráépítjük az alappanelre. Szükség esetén megfelelő mértékegység átváltókat alkalmazunk. A végeredmény megadásakor ügyeljünk a megfelelő számú értékes jegyre!

A LEGO[®]-elv bemutatása mintapéldákon

I. A kémiai számítások egyik leggyakoribb alakja az anyagmennyiség, a részecskeszám, a tömeg és a térfogat oda-vissza történő átszámítása. Anyagmennyiség-változás nincs, így az (1) alappanelt használjuk:

alappanel (1)	$n_{\text{keresett}} = n_{\text{ismert}}$
---------------	---

és a feladatnak megfelelően helyettesítjük be az építőelemeket.

1. feladat: Mekkora a tömege 5 mol héliumatomnak?

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$M_{\text{He}} = 4,00 \text{ g/mol}$	m_{He}
$n_{\text{He}} = 5 \text{ mol}$	

Építőelemként a tömeget tartalmazó anyagmennyiség-képletet használjuk:

$$n = \frac{m}{M}$$

Az alappanelre illesztés után behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 1 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$\frac{m_{\text{He}}}{M_{\text{He}}} = n_{\text{ismert}} \quad m_{\text{He}} = n_{\text{ismert}} \cdot M_{\text{He}} = 5 \text{ mol} \cdot 4,00 \text{ g/mol} = \underline{20 \text{ g}}$$

2. feladat: Mekkora a tömege $3,0 \cdot 10^{23}$ szén-dioxid molekulának?

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$M_{\text{CO}_2} = 44,01 \text{ g/mol}$	m_{CO_2}
$N_{\text{CO}_2} = 3,0 \cdot 10^{23}$	
$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$	

Építőelemként a részecskeszámot valamint a tömeget tartalmazó anyagmennyiség-képleteket használjuk:

$$n_{\text{keresett}} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \quad n_{\text{ismert}} = \frac{N_{\text{CO}_2}}{N_A}$$

Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett tömeget, behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 2 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$\frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{N_{\text{CO}_2}}{N_A} \rightarrow$$

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{N_{\text{CO}_2}}{N_A} \cdot M_{\text{CO}_2} = \frac{3,0 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = \underline{\underline{22 \text{ g}}}$$

3. feladat: Hány molekulát tartalmaz 12,2 dm³ 0,0155 MPa nyomású és 22,1 °C hőmérsékletű hidrogéngáz?

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$M_{\text{H}_2} = 2,01 \text{ g/mol}$	$V_{\text{H}_2} = 12,2 \text{ dm}^3$	N_{H_2}
$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$	$p_{\text{H}_2} = 0,0155 \text{ MPa}$	
$R = 8,314 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$	$t = 22,1 \text{ °C}$	

Építőelemként a részecskeszámot tartalmazó anyagmennyiség-képletet, valamint a gáztörvényt használjuk:

$$n_{\text{keresett}} = \frac{N_{\text{H}_2}}{N_A} \quad n_{\text{ismert}} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett részecskeszámot, az adatokat a megfelelő mértékegységben megadva behelyettesítjük. A végeredmény 3 értékes jegyet tartalmazzon:

$$\frac{N_{\text{H}_2}}{N_A} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \rightarrow N_{\text{H}_2} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \cdot N_A$$

Átváltások:

$$V = 12,2 \text{ dm}^3 = 0,0122 \text{ m}^3$$

$$p = 0,0155 \text{ MPa} = 15500 \text{ Pa} = 15500 \text{ kg/m}\cdot\text{s}^2$$

$$T = 22,1 \text{ °C} + 273,1 = 295,2 \text{ K}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K}\cdot\text{mol} = 8,314 \text{ m}^2\cdot\text{kg/s}^2\cdot\text{K}\cdot\text{mol}$$

$$N_{\text{H}_2} = \frac{15500 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 \cdot 0,0122 \text{ m}^3}{8,314 \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mol} \cdot 295,2 \text{ K}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = \underline{\underline{4,64 \cdot 10^{22}}}$$

II. Gyakran kell kiszámítani olyan mennyiséget, amikor nincs kémiai reakció, és a vizsgált részecske alkotója a halmazt felépítő ismert részecskének (vagy fordítva). Ezekben az esetekben használjuk a (2) alappanelt:

alappanel (2)	$n_{\text{kicsi}} = u \cdot n_{\text{nagy}}$
---------------	--

ahol az u megmutatja, hogy a nagyobb egység hány kicsi részecskét tartalmaz.

4. feladat: Mekkora tömegű ^{12}C -ben található $9 \cdot 10^{23}$ proton?

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$M_{\text{C-12}} = 12,00 \text{ g/mol}$	$m_{\text{C-12}}$
$N_{\text{A}} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$	
$N_{\text{p}^+} = 9 \cdot 10^{23}$	

Építőelemként a részecskeszámot valamint a tömeget tartalmazó anyagmennyiség-képleteket használjuk:

$$n_{\text{kicsi}} = \frac{N_{\text{p}^+}}{N_{\text{A}}} \quad n_{\text{nagy}} = \frac{m_{\text{C-12}}}{M_{\text{C-12}}}, \text{ az } u \text{ értéke a szénatomban lévő protonok}$$

száma: $u = Z_{\text{C}} = 6$

Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett tömeget, behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 1 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$\frac{N_{\text{p}^+}}{N_{\text{A}}} = u \cdot \frac{m_{\text{C-12}}}{M_{\text{C-12}}} \quad m_{\text{C-12}} = \frac{N_{\text{p}^+}}{N_{\text{A}}} \cdot \frac{M_{\text{C-12}}}{u}$$

$$m_{\text{C-12}} = \frac{9 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} \cdot \frac{12,00 \text{ g/mol}}{6} = \underline{\underline{3 \text{ g}}}$$

5. feladat: 255 g 1,27 tömegszázalékos ezüst-szulfát-oldat teljes elektrolyzisekor mekkora lesz a katód tömegnövekedése?

A katód tömegnövekedésének mértékét az ezüst-szulfát ezüstion tartalma adja meg.

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$M_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = 311,9 \text{ g/mol}$	m_{Ag}
$M_{\text{Ag}} = 107,9 \text{ g/mol}$	
$m_{\text{oldat}} = 255 \text{ g}$	
$w_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} \% = 1,27$	

Építőelemként a tömeget tartalmazó anyagmennyiség-képleteket, valamint az oldat tömegszázalékos koncentrációját kifejező összefüggést használjuk:

$$n_{\text{kicsi}} = \frac{m_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}}}, \quad n_{\text{nagy}} = \frac{m_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}}, \quad w_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = 100 \frac{m_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{oldat}}}, \quad \text{és } u = 2,$$

mert az Ag_2SO_4 képletben 2 Ag^+ -ion található.

Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett tömeget, behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 3 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$\frac{m_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}}} = u \cdot \frac{m_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}} \rightarrow m_{\text{Ag}} = u \cdot \frac{(w_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} \cdot m_{\text{oldat}}) / 100}{M_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}} \cdot M_{\text{Ag}}$$

$$m_{\text{Ag}} = 2 \cdot \frac{(1,27 \cdot 255 \text{ g}) / 100}{311,9 \text{ g/mol}} \cdot 107,9 \text{ g/mol} = \underline{\underline{2,24 \text{ g}}}$$

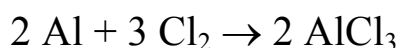
III. Amennyiben a számítási feladat kémiai reakcióra vonatkozik, a számításnál figyelembe kell venni a reakció sztöchiometriáját. Ekkor a (3) alappanelt alkalmazzuk:

alappanel (3)	$n_{\text{keresett}} = (u_{\text{keresett}} / u_{\text{ismert}}) \cdot n_{\text{ismert}}$
---------------	---

ahol az u értékeit a reakcióegyenlet megfelelő együtthatói adják.

6. feladat: 49,0 dm³ standard nyomású és 25,0 °C hőmérsékletű klórgáz felhasználásával mekkora tömegű alumínium(III)-klorid állítható elő?

A reakció egyenlete alapján meghatározzuk az u értékeket:



keresett: $u_{\text{AlCl}_3} = 2$	ismert: $u_{\text{klór}} = 3$
--------------------------------------	----------------------------------

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$V_{\text{klór}} = 49,0 \text{ dm}^3$	m_{AlCl_3}
$V_{\text{std}} = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$	
$M_{\text{AlCl}_3} = 133,3 \text{ g/mol}$	

Építőelemként a tömeget és a térfogatot tartalmazó anyagmennyiség-képleteket használjuk:

$$n_{\text{keresett}} = \frac{m_{\text{AlCl}_3}}{M_{\text{AlCl}_3}} \quad n_{\text{ismert}} = \frac{V_{\text{Cl}_2}}{V_{\text{std}}}$$

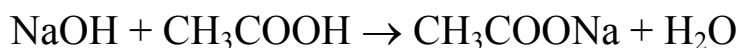
Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett tömeget, behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 3 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$\frac{m_{\text{AlCl}_3}}{M_{\text{AlCl}_3}} = \frac{u_{\text{AlCl}_3}}{u_{\text{Cl}_2}} \frac{V_{\text{Cl}_2}}{V_{\text{std}}} \rightarrow m_{\text{AlCl}_3} = \frac{u_{\text{AlCl}_3}}{u_{\text{Cl}_2}} \frac{V_{\text{Cl}_2}}{V_{\text{std}}} \cdot M_{\text{AlCl}_3}$$

$$m_{\text{AlCl}_3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{49,0 \text{ dm}^3}{24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}} \cdot 133,3 \text{ g/mol} = \underline{\underline{178 \text{ g}}}$$

7. feladat: Mekkora térfogatú, 1,52 mol/dm³ koncentrációjú ecetsav szükséges 250 g 8,25 tömegszázalékos nátrium-hidroxid oldat közömbösítéséhez?

A reakció egyenlete alapján meghatározzuk az u értékeket:



keresett:	ismert:
$u_{\text{ecetsav}} = 1$	$u_{\text{NaOH}} = 1$

Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$c_{\text{ecetsav}} = 1,52 \text{ mol/dm}^3$	V_{oldat}
$m_{\text{NaOH-oldat}} = 250 \text{ g}$	
$w_{\text{NaOH}} \% = 8,25$	
$M_{\text{NaOH}} = 39,99 \text{ g/mol}$	

Építőelemként a kémiai koncentrációt és a tömeget tartalmazó anyag-mennyiség-képleteket használjuk, valamint a tömegszázalékos összetétel összefüggését:

$$n_{\text{keresett}} = c_{\text{ecetsav}} \cdot V_{\text{oldat}} \quad n_{\text{ismert}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} \quad w_{\text{NaOH}} \% = 100 \frac{m_{\text{NaOH}}}{m_{\text{NaOH-oldat}}}$$

Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett oldattérfogatot, behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 3 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$c_{\text{ecetsav}} \cdot V_{\text{oldat}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} \rightarrow$$

$$V_{\text{oldat}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{m_{\text{NaOH-oldat}} \cdot (w_{\text{NaOH}} \% / 100)}{M_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{ecetsav}}}$$

$$V_{\text{oldat}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{250 \text{ g} \cdot (8,25 / 100)}{39,99 \text{ g/mol} \cdot 1,52 \text{ mol/dm}^3} = \underline{\underline{0,339 \text{ dm}^3}}$$

8. feladat: Mennyi ideig kell a timföld-olvadékot 100,0 A áramerősséggel elektrolizálni, hogy a katódon 1,000 kg alumínium váljon ki?

A katódfolyamat:



Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$I = 100,0 \text{ A}$	t
$m_{\text{Al}} = 1,000 \text{ kg}$	
$F = 96485 \text{ A}\cdot\text{s/mol}$	
$M_{\text{Al}} = 26,98 \text{ g/mol}$	

Az elektrolízis folyamatának számításához mindig a felhasznált elektronok anyagmennyiség összefüggését alkalmazzuk egyik építőelemként, a másik jelen esetben a tömegképlet:

$$n_{\text{elektron}} = \frac{I \cdot t}{F} \quad n_{\text{ismert}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}}$$

keresett: $u_e = 3$	ismert: $u_{\text{Al}} = 1$
------------------------	--------------------------------

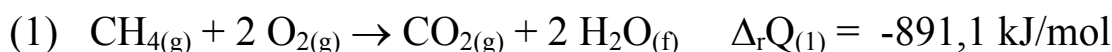
Az építőelemeket az alappanelre illesztjük, kifejezzük a keresett időt, behelyettesítjük az adatokat, és a számítás eredményét 4 értékes jegyre kerekítve adjuk meg:

$$\frac{I \cdot t}{F} = \frac{u_e}{u_{\text{Al}}} \cdot \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} \rightarrow t = \frac{u_e}{u_{\text{Al}}} \cdot \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} \cdot \frac{F}{I}$$

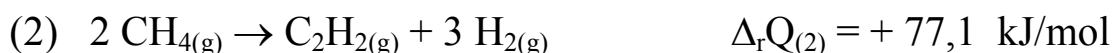
$$t = \frac{3}{1} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} \cdot \frac{96485 \text{ A}\cdot\text{s/mol}}{100,0 \text{ A}} = 107285 \text{ s} = \underline{\underline{29,80 \text{ h}}}$$

9. feladat: Mekkora tömegű metán elégetésével lehet fedezni $15,0 \text{ m}^3$ standard nyomású és $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű etinnek metánból történő előállítását?

A reakcióhők:



illetve



Az ismert és a keresett adatok:

ismert mennyiségek	keresett mennyiség
$V_{\text{etin}} = 15,0 \text{ m}^3$	m_{CH_4}
$V_{\text{std}} = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$	
$M_{\text{CH}_4} = 16,00 \text{ g/mol}$	

A két reakcióban termelt illetve felhasznált hőmennyiség abszolút értéke megegyezik. Ezért az ismert adatokból először állapítsuk meg a szükséges hőmennyiséget.

A felhasznált építőelemek a gáz térfogatára felírt anyagmennyiség-képlet, illetve a termokémiai reakcióra érvényes összefüggés:

$$n_{\text{keresett}} = \frac{\Delta Q_{(2)}}{\Delta_r Q_{(2)}} \quad n_{\text{ismert}} = \frac{V_{\text{etin}}}{V_{\text{std}}}$$

az etin képződésének egyenlete alapján $u_{Q_1} = 1$ és $u_{\text{etin}} = 1$

Az alappanel összeállítása után kapjuk, hogy

$$\frac{\Delta Q_{(2)}}{\Delta_r Q_{(2)}} = \frac{u_Q}{u_{\text{etin}}} \cdot \frac{V_{\text{etin}}}{V_{\text{std}}} \quad \text{vagyis} \quad \Delta Q_{(2)} = \frac{u_{Q_1}}{u_{\text{etin}}} \cdot \frac{V_{\text{etin}}}{V_{\text{std}}} \cdot \Delta_r Q_{(2)}$$

A metán elégetésében keletkező hőmennyiség számításához felhasznált építőelemek a tömegre felírt anyagmennyiség-képlet, illetve a termokémiai reakcióra érvényes összefüggés:

$$n = \frac{\Delta Q_{(1)}}{\Delta_r Q_{(1)}} \quad n_{\text{keresett}} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}}$$

az égési egyenlet alapján $u_{Q_2} = 1$ és $u_{\text{CH}_4} = 1$

Erre a reakcióra az alappanel

$$\frac{\Delta Q_{(1)}}{\Delta_r Q_{(1)}} = \frac{u_Q}{u_{\text{CH}_4}} \cdot \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}},$$

illetve a termelt hőmennyiség $\Delta Q_{(1)} = \frac{u_{Q_2}}{u_{\text{CH}_4}} \cdot \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} \cdot \Delta_r Q_{(1)}$

A két hőmennyiség abszolút értéke megegyezik:

$$|\Delta Q_{(1)}| = |\Delta Q_{(2)}|$$

Behelyettesítés után a keresett tömeget kifejezzük, és a számítást 3 értékes jegyre elvégezzük:

$$\frac{u_{Q_2}}{u_{CH_4}} \cdot \frac{m_{CH_4}}{M_{CH_4}} \cdot |\Delta_r Q_{(1)}| = \frac{u_{Q_1}}{u_{etin}} \cdot \frac{V_{etin}}{V_{std}} \cdot |\Delta_r Q_{(2)}|$$

$$m_{CH_4} = \frac{u_{Q_1}}{u_{etin}} \cdot \frac{V_{etin}}{V_{std}} \cdot |\Delta_r Q_{(2)}| \cdot \frac{u_{CH_4}}{u_{Q_2}} \cdot \frac{M_{CH_4}}{|\Delta_r Q_{(1)}|}$$

$$m_{CH_4} = \frac{1}{1} \cdot \frac{15,0 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ dm}^3/\text{m}^3}{24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}} \cdot 77,1 \text{ kJ/mol} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{16,00 \text{ g/mol}}{891,1 \text{ kJ/mol}} = \underline{\underline{848 \text{ g}}}$$

Összegzés

Az ismertetett példák mutatják, hogy a LEGO[®]-elv segítségével, mind az egyszerű, mind az összetettebb feladatok jól megoldhatók. Használata fejleszti a kémiai gondolkodást. Előnye, hogy a feladat megoldása során a dimenzióanalízis módszerével ellenőrizhető a felállított képlet helyessége. Ez egyúttal rászoktatja a felhasználót a mértékegységek helyes használatára. Hangsúlyozza a kémiai reakcióegyenletek fontosságát a kémiai számításokban. Eddigi tapasztalataink szerint a módszer könnyen elsajátítható. Alkalmazása átláthatóbbá, megemészthetőbbé teszi a kémiai számításokat.