

1. feladat

Adott **A** és **B** fém, melyek moláris tömegének összege x , szorzata y . Mindkét fém a nehézfémek közé tartozik. Az **A** fémet már az ókor óta ismeri az emberiség, és ennek megfelelően igen sokrétű felhasználásnak örvend, míg **B** fém viszonylag „fiatalabb” elem. Az **A** fémnek több stabil izotópja is van, míg a **B** fém esetén egyetlen stabil izotópról beszélhetünk. A **B** fémnek létezik oxosava, melynek egyik sója egy közismert erős oxidálószer. Mindkét fém vegyületet képez az oxigénnel, és mindkét esetben több stabil oxid lehetséges. Az **A** fém nem reagál vízzel, míg **B** fém negatív standard elektródpotenciálja miatt hideg vízben lassan, meleg vízben igen gyorsan oldódik hidrogéngáz felszabadulása közben.

- a) Mi lehet **A** és **B** fém, ha tudjuk, hogy a fentebb említett y és x hányadosa közel egyenlő a szilícium és a foszfor moláris tömegének számtani közepével?

Az **A** fémből x grammot 481,1 g tömény kénsavval (98,0 $m/m\%$ -os) reagáltatunk. A megmaradt kénsavat a **B** fém dioxidjával reagáltatjuk, melyet az alábbi módon állíthatunk elő: **B** fémet vízzel reagáltatjuk, majd a kapott csapadékhoz szűrést követően salétromsavat adunk. A kapott vegyületet hevítve megkapjuk a kívánt dioxidot nitrogén-dioxid felszabadulása mellett.

- b) Írjátok fel a **B** fém dioxidjának előállítását leíró reakcióegyenleteket, illetve az **A** fém reakcióját tömény kénsavval!
- c) Ha feltételezzük, hogy a **B** fém dioxidjából sztöchiometrikus mennyiséget reagáltattunk kénsavval, akkor hányszorosa az **A** fém tömege a dioxid előállításához szükséges **B** fém tömegének?

1. feladat megoldása

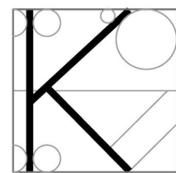
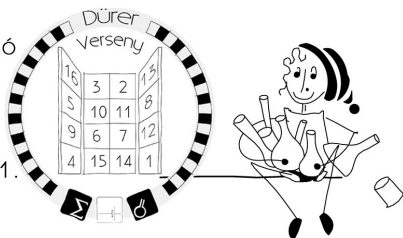
- a) A **B** elemről az adatok alapján valószínűsíthető lehet, hogy króm, vagy mangán. Mivel a krómnak több stabil izotópja van, ezért a **B** fém a mangán. A feladat alapján felírhatjuk a következő egyenleteket:

$$\frac{y}{x} = \frac{M_{Si} + M_P}{2} = \frac{28,09 + 30,97}{2} = 29,53$$

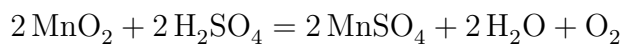
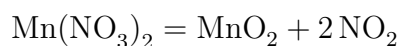
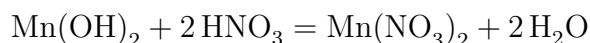
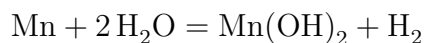
$$x = M_A + 55 \text{ és } y = M_A \cdot 55$$

$$\text{Tehát } 29,53 = \frac{y}{x} = \frac{M_A \cdot 55}{M_A + 55}$$

Az utolsó egyenletet megoldva M_A -ra 63,6 adódik, ez alapján az **A** fém a réz, ami megfelel a feladatban leírt tulajdonságoknak.



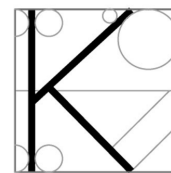
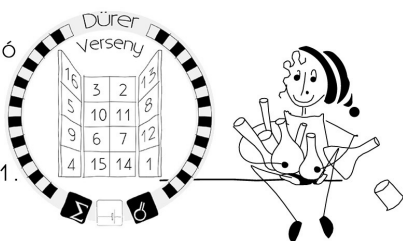
b) A lejátszódó reakciók:



- c) Az előző feladatrészt megoldásának ismeretében $x = 118,49$ g. Ez alapján a réz anyagmennyisége $1,8645$ mol. Az egyenletből látszik, hogy a kénsavból kétszeres mennyiség ($3,731$ mol), azaz $365,91$ g reagál a rézzel. Mivel összesen $471,5$ g kénsav volt, ezért $105,6$ g marad, ami $1,077$ mol-nak felel meg.

$1,077$ mol kénsav $1,077$ mol mangán-dioxiddal reagál, aminek előállításához szintén $1,077$ mol mangán kell, aminek a tömege $59,16$ g.

Tehát a **keresett hányados**: $118,49/59,16 = \mathbf{2,00}$.



2. feladat

Van két 20,0 l-es gáztartályunk, melyeket csappal rendelkező vékony cső köt össze. Zárt csapállásnál az egyik gáztartályt megtöltjük 20,0 bar 15,0 °C-os hidrogéngázzal. A másik tartályba 1,20 kg jódot teszünk, majd kiöblítjük standard állapotú argongázzal. A csapot kinyitjuk a tartályok között és 200 °C-ra fűtjük a rendszert.

- Mekkora lesz a nyomás a tartályokban, ha a hidrogén-jodid képződésének egyensúlyi állandója 200 °C-on 23,20?
- A bemért jód hány százaléka alakul át?

2. feladat megoldása

- Könnyen kiszámolható az ideális gázok állapotegyenlete alapján, hogy a hidrogéngázból 16,7 mol van a rendszerben. A jód anyagmennyisége pedig 4,73 mol. Tegyük föl, hogy x mol H_2 gáz alakul át, ekkor szintén x mol jód alakul át és $2x$ mol hidrogén-jodid keletkezik a reakcióegyenlet alapján. Mivel nem történik molszám változás, ezért felírhatjuk az egyensúlyi állandót anyagmennyiségekkel is. Az ismeretlenekkel kifejezve a következő egyenletet kapjuk:

$$23,2 = \frac{4x^2}{[(4,73 - x)(16,7 - x)]}$$

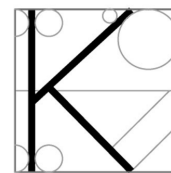
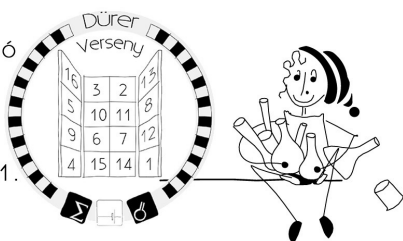
azaz $19,2 x^2 - 497,2x + 1832,6 = 0$

Az egyenlet értelmes megoldása: $x = 4,45$ mol

Tehát a tartályban van 0,28 mol jód, 12,25 mol hidrogéngáz és 8,9 mol HI. Ez összesen 21,43 mol, azonban kezdetben volt még 20 l standard állapotú argon gáz is, ami 0,82 mol-nak felel meg. Tehát összesen 22,25 mol gáz van a rendszerben, ami 21,9 bar nyomásnak felel meg.

Megjegyzés: Ha kiszámoljuk a bemért jód térfogatát, akkor arra 0,24 l adódik, ezzel korrigálva 22,24 mol gáz van a rendszerben, ami ugyanúgy 21,9 bar-nak felel meg.

- 4,73-ból átalakult 4,45 mol, tehát a hatásfok 94 %-os.



3. feladat

33 $m/m\%$ -osnak vélt sósavoldatból 1,00 dm³ térfogatú, 0,1 mol/dm³ koncentrációjú oldatot készítünk. Ismeretes a következő összefüggés a sósav sűrűsége és tömegszázalékos összetétele között:

$$\rho_{\text{sósav}} [\text{g/cm}^3] = 1 + \frac{w_{\text{HCl}}}{200} \quad (1)$$

Az egyenlet alapján így például a 33,0 $m/m\%$ -os sósav sűrűsége 1,165 g/cm³.

- a) Számítsátok ki, hogy mekkora térfogatú 33 $m/m\%$ -os sósavra lenne szükségünk 1,00 dm³ 0,1 mol/dm³ koncentrációjú sósav előállításához!

A viszonylag tömény sósavból állás közben HCl-gáz távozik, így a 33 $m/m\%$ -osnak felírt oldat valószínűleg ennél hígabb, ezért az a) pontban kiszámolt térfogatérték 110 %-át mérjük be. Az így készített oldat pontos koncentrációját titrálással határozzuk meg. Szilárd KHCO₃ nagyjából 0,2 g-os (pontosan ismert tömegű) részleteit oldjuk vízben, majd metilnarancs indikátor jelenlétében titráljuk a készített nagyjából 0,1 mol/dm³-es sósavval. A mérési eredményeket az alábbi táblázat mutatja.

	$m(\text{KHCO}_3)$ [g]	$V(\text{sósav})$ [cm ³]	$n(\text{KHCO}_3)$ [mol]	$n(\text{HCl})$ [mol]	$c(\text{HCl})$ [mol/dm ³]
1.	0,1872	22,70			
2.	0,1990	24,20			
3.	0,1926	23,40			

- b) Írjátok fel a KHCO₃ és a HCl között lejátszódó reakció egyenletét!
- c) Töltsétek ki a táblázat üres celláit!
- d) A mérési eredmények átlagából (a táblázat utolsó oszlopa alapján) számítsátok ki az előállított sósavoldat pontos koncentrációját!
- e) Számítsátok ki, hogy valójában hány $m/m\%$ -os volt az eredeti, 33 $m/m\%$ -osnak hitt oldat!

3. feladat megoldása

- a) 1,00 dm³ 0,1 mol/dm³ koncentrációjú sósavban van 0,1 mol HCl, ennek tömege:

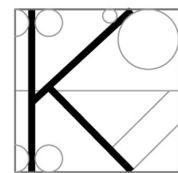
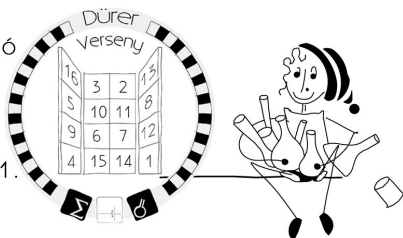
$$m = n \cdot M = 0,1 \text{ mol} \cdot 36,46 \text{ g/mol} = 3,646 \text{ g}$$

Ez a bemért tömény oldat tömegének 33 %-a, így a 33 %-os sósavból:

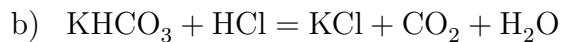
$$100 \cdot 3,646 / 33 = 11,05 \text{ g-ra van szükség.}$$

Ennek sűrűségének ismeretében (1,165 g/cm³) kiszámítható a térfogata:

$$V = m/\rho = 11,05 / 1,165 = 9,484 \text{ cm}^3$$



tehát körülbelül $9,5 \text{ cm}^3$ 33 %-os sósavat kellene bemérnünk.



c) $M(\text{KHCO}_3) = 100,12 \text{ g/mol}$

$$n(\text{KHCO}_3) = m(\text{KHCO}_3) / M(\text{KHCO}_3) = n(\text{HCl})$$

$$c(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) / V(\text{sósav})$$

	$m(\text{KHCO}_3)$ [g]	$V(\text{sósav})$ [cm^3]	$n(\text{KHCO}_3)$ [mol]	$n(\text{HCl})$ [mol]	$c(\text{HCl})$ [mol/dm^3]
1.	0,1872	22,70	0,001870	0,001870	0,08237
2.	0,1990	24,20	0,001988	0,001988	0,08213
3.	0,1926	23,40	0,001924	0,001924	0,08221

d) A pontos koncentráció a táblázat utolsó oszlopában lévő adatok átlagából számítandó:

$$\frac{0,08237 + 0,08213 + 0,08221}{3} = 0,08224 \text{ mol/dm}^3$$

e) Bemérés (az a) pontban számított érték 110 %-a):

$$9,484 \cdot 1,1 = 10,43 \text{ cm}^3$$

Ebből csináltunk 1000 cm^3 oldatot, aminek a koncentrációja $0,08224 \text{ mol/dm}^3$ lett. Tehát a $10,43 \text{ cm}^3$ töményebb oldatban $0,08224 \text{ mol HCl}$ volt, ennek tömege:

$$0,08224 \cdot 36,46 = 2,998 \text{ g}$$

Jelölje x az oldat $m/m\%$ -os HCl-tartalmát!

$x \text{ g HCl}$ 100 g oldatban van, $2,998 \text{ g HCl}$ $299,8/x \text{ g}$ oldatban van. Ennek térfogata $10,43 \text{ cm}^3$. Az oldat sűrűsége a tömeg és térfogat hányadosaként felírva:

$$299,8 / 10,43x \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Az oldat sűrűsége a tömegszázalékkal kifejezve a feladat által említett összefüggés segítségével:

$$1 + x/200 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

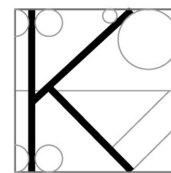
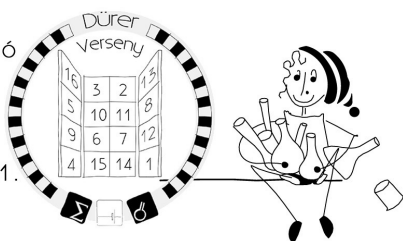
Tehát az alábbi egyenletet kapjuk:

$$299,8 / 10,43x = 1 + x/200$$

$$59960 = 2086x + 10,43x^2$$

$$0 = 10,43x^2 + 2086x - 59960$$

$x_1 = 25,49$ jó megoldás (és $x_2 < 0$). Az eredeti oldat tehát $25,5 \text{ m/m}\%$ -os.



4. feladat

Egy természetben is előforduló, ismert három értékű karbonsav (**A**) tömegszázalékos összetétele: 37,50 % C és 4,21 % H, ezek mellett csak oxigént tartalmaz. **A**-ról tudjuk még azt is, hogy nem királis molekula. A dehidratálásából keletkezik **B** vegyület ($C_6H_6O_6$), ennek megfelelő körülmények közötti hidratálásából jön létre **C** ($C_6H_8O_7$). **C** oxidatív dekarboxilálásából keletkezik **D** ($C_5H_6O_5$), ennél a reakciónál egy energiatároló molekula, E_1 redukálódik. **D** egy olyan α -ketokarbonsav (azaz 2-oxokarbonsav), melynek szénláncában nem található elágazás. **D** oxidatív dekarboxilálásából keletkezik **F** ($C_4H_5O_3X$), mégpedig úgy, hogy a szén-dioxid távozása után azonnal egy X jelű molekula kapcsolódik tioészter kötéssel a szénláncához. Eközben is képződik egy redukált E_1 molekula. A következő reakcióban a tioészter nagy energiájú kötésének felszakítása egy újabb energiatároló molekula szintézisét teszi lehetővé (E_2). A tioészter kötés felszakadása révén egy ismert szimmetrikus molekula keletkezik **G** ($C_4H_6O_4$). **G** dehidrogénezéséből jön létre **H** ($C_4H_4O_4$) és ezen lépés során is redukálódik egy energiatároló molekula (E_3). **H** hidratálásából lesz **I** ($C_4H_6O_5$), aminek dehidrogénezéséből egy négy szénatomos, kétértékű ketokarbonsav keletkezik **J** ($C_4H_4O_5$). **J**-hez oxidatív körülmények között acetaldehidet adva visszakapjuk a kiindulási molekulát, **A**-t.

Dehidratálás: A folyamat során a molekula formálisan egy vízmolekulát veszít. Ellentéte a hidratálás, azaz a vízaddíció.

Dekarboxilálás: A folyamat során a molekulából szén-dioxid lép ki, azaz a karboxilcsoport helyén csak egy hidrogén marad.

Oxidatív dekarboxilálás: A szén-dioxid vesztes mellett a molekula egy másik pontján oxidálódik.

- a) Rajzoljátok fel a vastag betűvel jelölt vegyületek szerkezeti képletét! Az **A** és **G** vegyületek esetén az anyagok nevét is adjátok meg!

Az energiatároló molekulák a szerkezet azon részén adják le a "tárolt" energiát, ahol az energiaigényes, azaz endoterm folyamatok igénylik ezt. Ilyen folyamat lehet például a víz párologtatása. Tételezzük fel, hogy az A-J reakcióút során a reakciók energiaigényét, illetve az energiatároló molekulák szállítását a szerkezet máshonnan fedezi, így a képződött E_1 - E_3 molekulák csak a víz párologtatása során redukálódnak, azaz használódnak el.

- b) Hány g **A** anyag **J** anyaggá alakítása szükséges 15,0 g 37,0 °C-os víz elpárologtatásához?

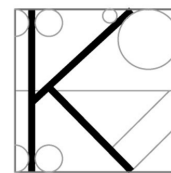
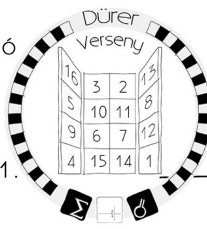
Adatok:

$$\Delta_{\text{párologtási}}H(H_2O_{(f)}, 37^\circ\text{C}) = 2256 \text{ kJ/kg}; \Delta_r H(E_1^{\text{red}} \rightarrow E_1^{\text{ox}}) = 22,1 \text{ kJ/mol}$$

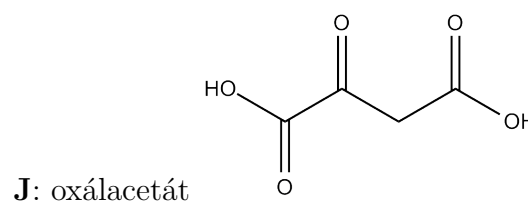
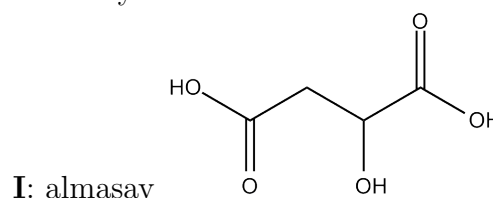
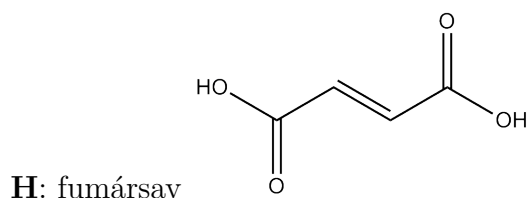
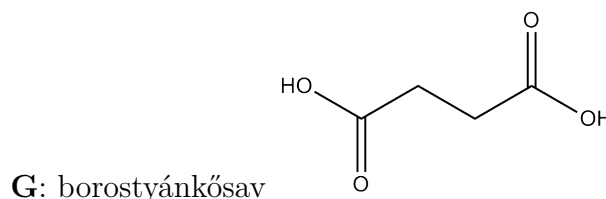
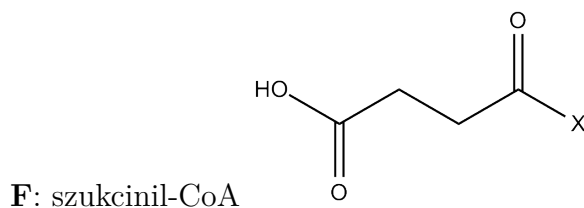
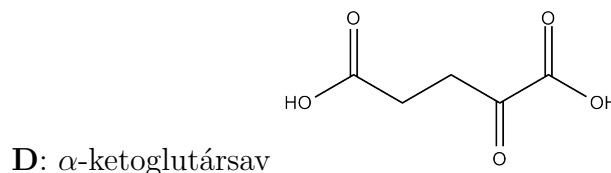
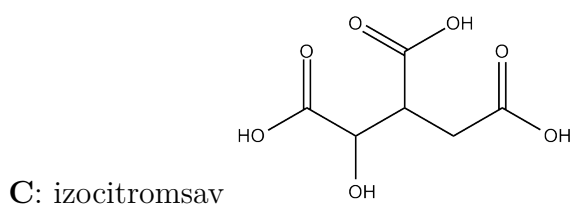
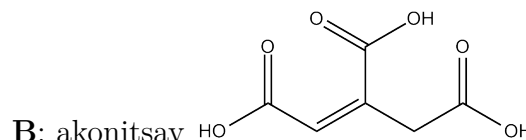
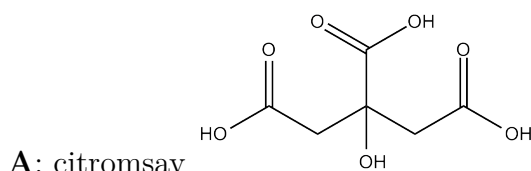
$$\Delta_r H(E_2^{\text{red}} \rightarrow E_2^{\text{ox}}) = 16,3 \text{ kJ/mol}; \Delta_r H(E_3^{\text{red}} \rightarrow E_3^{\text{ox}}) = 19,6 \text{ kJ/mol}$$

4. feladat megoldás

- a) Az **A** tömegszázalékos összetételéből könnyen kiszámolható, hogy az összegképlet $(C_6H_8O_7)_n$. Mivel a **B** anyag vízvesztéssel keletkezik, és összegképlete $C_6H_6O_6$, biztosak lehetünk

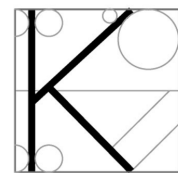
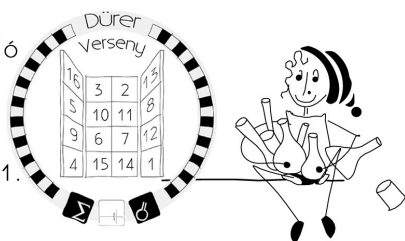


benne, hogy $n=1$. A megadott információk alapján felrajzolható a vegyület, mivel nem királis molekula, ezért egyetlen megoldás adódik, mégpedig a citromsav. A feladat alapján továbbhaladva megkaphatók a további vegyületek képletei:



b) Az **A-J** reakciósor leírását elolvasva megszámlálható, hogy a folyamat során 2 E_1 és 1-1 E_2 illetve E_3 keletkezik. Ezek eljutva a víz párologtatásának helyére a megadott energiakülönbségeknek megfelelő energiát adnak le. Tehát 1 mol citromsavból (192,1 g) kiindulva 2 mol E_1 és 1-1 mol E_2 illetve E_3 keletkezik, és az általuk leadott energia: $E = 2 \cdot 22,1 + 16,3 + 19,6 = 80,1$ kJ. Azaz a citromsavból ilyen módon nyerhető energia moláris értéke: 80,1 kJ/mol.

15 g víz elpárologtatásához $15 \cdot 2,256 = 33,84$ kJ energia kell, az előző adatból kiszámolható, hogy ezt 0,4225 mol citromsav lebontásával lehet fedezni. **Tehát 81,2 g citromsav lebontása szükséges 15 g víz elpárologtatásához.**



5. feladat

Manapság a kémiai szintéziseknek egyre több elvárásnak kell megfelelniük. A folyamatos kutatás (mind akadémiai, mind ipari környezetben) számos új módszert eredményez. Az egyik ilyen fiatal módszer az áramlásos kémia, melynek fejlesztésében a magyar kutatóknak jelentős szerepe van.

A mellékelt cikk egy szegedi kutatócsoport sikereit foglalja össze, olvassátok el és válaszoljatok a következő kérdésekre a cikk alapján!

- I) Írjátok fel az aldehidek azodikarboxilát-észterekkel történő alfa-aminálásának egyenletét!
- II) Milyen reakciótípusba sorolható a fenti reakció?
- III) Milyen kötéssel kapcsolódik a prolinalapú organokatalizátor a hordozóhoz?
- IV) Mi a kapcsolat az áramlási sebesség és tartózkodási idő között egy áramlásos oszlopreaktornál? Mekkora az oszlopreaktor térfogata, ha a kutatók úgy találták, hogy 4,5 ml/perces áramlási sebesség mellett a tartózkodási idő 198 másodperc?
- V) Rajzoljátok fel az alfa-hidrazino-aldehid képletét, ami racemizálódhat a hosszú kontaktidő alatt. Jelöljétek be rajta a királis szénatomot. Mi lehet az a racemizáció?
- VI) Lombikban elvégezve a reakciót, 70 %-os enantiomerfelesleggel játszódik le a reakció. Mi a két enantiomer aránya, ha az enantiomerfelesleget az alábbi képlet alapján számítjuk:

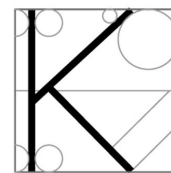
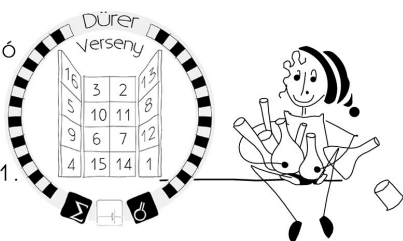
$$\text{enantiomerfelesleg}(\%) = \frac{\text{enantiomer}_1 - \text{enantiomer}_2}{\text{enantiomer}_1 + \text{enantiomer}_2} \cdot 100\% \quad (2)$$

- VII) Írjátok fel az anilin rézkatalizált oxidatív homokapcsolásának egyenletét!
- VIII) Mit jelent, ha egy reakció 100 %-osan kemoszelektív?
- IX) A toluol forráspontja 110,6 °C. Mekkora nyomást kell alkalmazni a készülékben, hogy a diklórmetánt (forráspontja légköri nyomáson 39,6 °C) fel tudjuk melegíteni 110,6°C-ra? A nyomás és a forráspont közti összefüggést a Clausius-Clapeyron egyenlet adja meg:

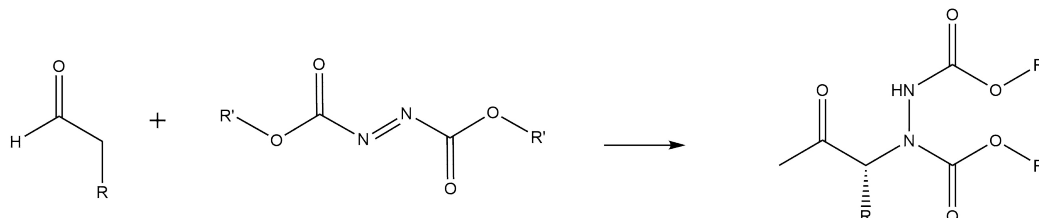
$$\ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right) = - \frac{\Delta_{\text{párolgási}}H}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (3)$$

A diklórmetán moláris párolgási entalpiája: $\Delta_{\text{párolgási}}H = 28,06$ kJ/mol. A hőmérséklet K-ben használandó a behelyettesítés során.

- X) Egy alfa-aminálást végző áramlásos reaktorban az áramlási sebesség 4,50 ml/perc. Mindkét kiindulási anyagot 0,64 mol/dm³-es diklórmetános oldatban adagoljuk az áramlásos reaktorba. Folyamatos működés mellett hány gramm terméket tudunk előállítani a készülékkel egy óra alatt, ha a termék moláris tömege 286 g/mol és a termelés 92,0 %?



5. feladat megoldás



I)

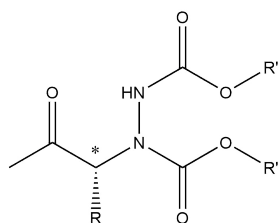
II) Addíció

III) Peptidkötéssel

IV) Fordítottan arányosak egymással, minél nagyobb az áramlási sebesség, annál kisebb a tartózkodási idő. A térfogat:

$$V_{\text{oszlopreaktor}} = \frac{v_{\text{áramlási}}}{60} \cdot t_{\text{tartózkodási}} = \frac{4,5}{60} \cdot 198 = 14,85 \text{ ml}$$

V)

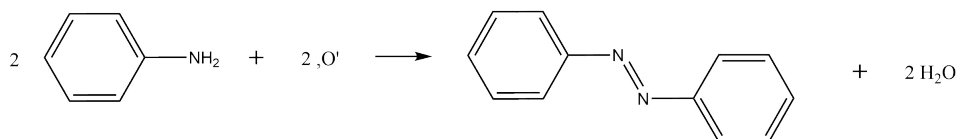


A racemizáció az a folyamat, amely során az egyik enantiomer a másikba alakul.

VI) Legyen az egyik enantiomerből 1, a másiktól x . Ekkor:

$$\text{enantiomerfelesleg (\%)} = \frac{1 - x}{1 + x} \cdot 100\%$$

Megoldva azt kapjuk, hogy a két enantiomer aránya 1:0,176-hoz.



VII)

VIII) Azt jelenti, hogy a folyamat során csak az egyenlet termék oldalán szereplő anyagok keletkeznek, azaz nem jár melléktermék képződéssel a folyamat.

IX) A hőmérsékleteket K-be átszámolva, majd behelyettesítve azt kapjuk, hogy $7,46 \cdot 10^5$ Pa nyomást kell alkalmazni.

X) 60 perc alatt 270 ml oldat áramlik át a rendszeren. Ez mindkét kiindulási anyagból 0,1728 mol-t tartalmaz, ami 100 %-os termelés esetén 0,1728 mol terméket szolgáltat. A termelés 92 %, így összesen 0,159 mol termék képződik, ami 45,5 g anyagot jelent.

A feladatok során 4 értékes jeggyel számoljatok! A szükséges adatok a függvénytáblázatban megtalálhatóak! Mindegyik feladat részletesen indokolt megoldása 20 pontot ér. A feladatok megoldásához függvénytáblázat, számológép és írószközök használhatóak. Sikeres versenyzést kívánunk!