Dürer Verseny

2026. február 6-8.

K K+L

XIX. Dürer Verseny

K

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

1. feladat

A hatalom gyűrűinek készítésekor Celebrimbornak és a többi tünde kovácsnak olyan fémeket is használniuk kellett, amit nem jellemző a kovácsolás ősi mesterségében. Többek között alkálifémeket is, ezek ruházzák fel igazi varázserővel az ékszereket.

a) Miért nem készítenek használati tárgyakat, ékszereket elemi alkálifémekből?

A hatékony termelés érdekében a fémek előállításához az iparban megszokott módszereket használták. Így tiszta nátrium kinyeréséhez *Moria sóbányáiból* hozott nátrium-klorid olvadékának elektrolízisét végezték el (megkérték Sarumant, hogy szórjon folyamatosan villámokat az olvadékba). Az olvadék olvadáspontjának csökkentése végett kalcium-kloridot is hozzáadtak a konyhasóhoz. A reakció az alábbi egyenlet szerint játszódik le:

$$2\,\mathrm{NaCl_{(f)}} \xrightarrow{\mathrm{CaCl_2}} 2\,\mathrm{Na_{(f)}} + \mathrm{Cl_{2(g)}}$$

b) A kalcium milyen tulajdonsága miatt, és miért nem kellett tartaniuk a kovácsoknak attól, hogy a katódon nátrium helyett esetleg elemi kalcium váljék le?

A fém káliumot egy eltérő módszerrel állították elő, a már tisztán előállított nátrium felhasználásával a következő egyensúlyi reakció alapján: $\mathrm{KCl_{(f)}} + \mathrm{Na_{(f)}} \rightleftharpoons \mathrm{K_{(g)}} + \mathrm{NaCl_{(f)}}$

c) A fenti egyensúly szobahőmérsékleten balra tolódna el. Miért?

d) Miért használható mégis a reakció magasabb hőmérsékleten tiszta kálium előállítására méghozzá úgy, hogy az összes nátrium elreagáljon?

e) Saruman szüntelenül, 12 órán keresztül 1 amperes áramerősségű villámokkal szórta a nátrium-klorid olvadékot, a keletkezett nátriumot maradéktalanul káliummá reagáltatta.

f) Hány gyűrűt tudnak a kovácsok elkészíteni az így keletkező káliumból, ha egy gyűrűhöz pontosan 2 grammra van szükségük?

Ar(Na)= 23,00, Ar(Cl)= 35,45, Ar(K)= 39,10

XIX. Dürer Verseny

K

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

1. feladat megoldása

a) Az alkálifémek reaktivitása miatt. Már a levegő páratartalmával is hevesen reagálnak. A nagy reakciókészségük miatt nem lehet megtalálni tisztán a környezetben, így költséges az előállításuk. Illetve kis keménységük sem ideális ezen használatitárgyak elkészítéséhez.

b) A kisebb redukálhatóság miatt nem kellett attól aggódni, hogy egyáltalán leválik Ca a katódon. Az $\varepsilon^0(Na^+/Na)$ nagyobb, mint $\varepsilon^0(Ca^{2+}/Ca)$, tehát a nátriumnak kisebb a redukálóképessége, de könyebben redukálódik. A katódon mindig a legnagyobb "redukálhatóságú" anyag válik le. (Ugyanúgy, ahogy vizes oldatban a Na nem válik le.)

c) A $\varepsilon^0(Na^+/Na)$ nagyobb, mint $\varepsilon^0(K^+/K)$, így nem a nátriumnak kéne redukálnia a káliumot, hanem pont fordítva.

d) A reakció hőmérsékletén a kálium elpárolog, mivel olyan kicsi a forráspontja, így a Le-Chatelier-Braun elv miatt a keletkező K folyamatosan eltávolítható a rendszerből, és így jobbra tolódhat az egyensúly.

e) $n_{\text{elektron}} = \dfrac{I \cdot t}{F} = n_{\text{Na}} = n_{\text{K}}$

$m = 17{,}5$ g ez 8 gyűrű elkészítéséhez elegendő. (9-hez nem elég)

2. feladat

Ősbérc bölcs és hatalmas királya kihirdette, hogy annak a bátor és okos jelentkezőnek adja egyetlen leánya, *Mirava hercegkisasszony* kezét, aki kiállja a tudás próbáját. A feladatok nem erőt, hanem tudást kívántak, hisz Mirava szívét csak az nyerheti el, aki kitalálja kedvenc vegyülete, egy különleges aminosav képletét. A hercegkisasszony szűkszavúan csak ennyit árult el: *„E szeretett molekulám 65,4545 tömegszázaléka szénből, 6,667 százaléka hidrogénből áll. A többit nitrogén és oxigén teszi ki, mégpedig 1:2,290 arányban."*

a) Mi az aminosav moláris tömege és összegképlete? Számítással igazoljátok a válaszotokat!

b) Mely vegyületcsalád tagjai épülnek fel aminosavakból? Milyen kémcsőkísérletekkel tudjuk kimutatni ezt a vegyületcsaládot? Írjátok le a kísérletek menetét és a tapasztalatot.

c) Milyen tipikus funkciós csoportokat tartalmaznak az aminosavak és mi jellemző a szerkezetükre?

Ar(H)= 1,008, Ar(C)= 12,01, Ar(N)= 14,01, Ar(O)= 16,00

2. feladat megoldása

a) Az aminosav tömegének 65,4545%-a szén, 6,667%-a hidrogén és a maradék 27,8788%-a heteroatomok, N és O 1:2,286 tömegarányban.

Legyen x a N atom m/m%-a az aminosavban, 2,286x pedig az O atom m/m%-a az aminosavban.

A tömegarányok és az aminosavat alkotó heteroatomok tömegszázalékának ismeretében felírhatjuk a következő egyenletet: $27,8788 = 1x + 2,286x$, amiből megkapjuk, hogy x = 8,4841 és 2,286x = 19,395

A tömegarányok $m_C : m_H : m_N : m_O$ = 65,4545:6,667:8,4841:19,395

Ezeket az arányokat a moláris tömeg ismeretében átszámíthatjuk anyagmennyiségbe és megkapjuk, hogy:

$n_C : n_H : n_N : n_O$ = 5,4545:6,667:0,606:1,212

A legkisebb anyagmennyiséggel leosztva a következő arányokat kapjuk: $n_C : n_H : n_N : n_O$ = 9:11:1:2, tehát az aminosav összegképlete: $C_9H_{11}NO_2$, a moláris tömege pedig M = 165 g/mol

b) A fehérjék és peptidek építőkövei az aminosavak. Kimutathatóak Biuret-próbával, illetve az aromás aminosavak Xantoprotein-próbával.

c) Aminocsoport és karboxilcsoport, ikerionos szerkezet jellemző rájuk.

3. feladat

A törpök és tündék találkozóján a törpök a tündéktől kapott nemesített lilakáposztából salátát készítettek. Ehhez 2 dl (a feladatban tiszta víznek tekinthető) semleges salátaalapot készítettek, amit 17,85 g/100 cm^3 vegyesszázalék koncentrációjú ecettel savanyítottak meg annyira, hogy a pH-ja 2,5 legyen.

a) Mennyi ecetoldatot kellett felhasználniuk? Az ecetsav savállandója $K_s = 1,8 \cdot 10^{-5}$

Az öntetet állni hagyták a konyhában, azonban egy sajnálatos baleset miatt (amit nem lehetett a véletlenül arra járó ifjú hobbitokra bizonyítani) fél csomag (24 g) szódabikarbóna ömlött az öntetbe.

b) Váltott-e színt a tündék által nemesített lilakáposzta? Milyen színű lehetett? Írjátok fel a baleset során végbement reakció és a kémhatás kialakulásáért felelős folyamat egyenleteit!

A feladathoz a következő táblázatot is használták:

Indikátor	pH										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Piros alma	n			gyr				s–z			
Sárgarépa	év							bi			
Áfonya	év			bi				z			
Vörös káposzta	v		r	bi		k					
Cseresznye	v			n				b		z	
Szőlőlé		v						z			
Lila hagyma	gyr				sz			s			
Hagyma	sz								s		
Őszibarack	n		r								
Körte	n	r						z			
Szilva		v			bi			z			
Retek	én			r			bi			b	
Rebarbara	n	r		bi	k					világos b	
Paradicsom		sz					s			sötét s	
Fehérrépa	v		bi			k				z	

Ahol v: vörös, b: bíborszínű, r: rózsaszín, k: kék, b: barna, s: sárga, sz: színtelen, n: narancssárga, z: zöld, é: élénk, gy: gyenge

Ar(H)= 1,00, Ar(C)= 12,01, Ar(O)= 16,00

3. feladat megoldása

a) $K_s = 1,8 \cdot 10^{-5}$ és $V_{\text{víz}} = 0,2\text{dm}^3$

pH= 2,5, tehát a hidrogén-ion koncentráció:$[\text{H}^+]= 10^{-2,5}$ mol/dm^3

Ecetsav: $V7$ 0,1 dm^3-ébenben van 17,85 g CH_3COOH

$M_{\text{ecetsav}} = 60$ g/mol, tehát az anyagmennyisége $n = 0,2975$ mol

$c_{\text{k}} = n_{\text{ecetsav}}/V_{\text{víz}} = 2,975$ mol/dm^3

Vegyünk V dm^3 ecetsavat, ekkor:

$V_{\text{össz}} = (0,2 + V)$ dm^3

$n_{\text{ecetsav}} = 2,975 \cdot V$ mol

Az ecetsav kiindulási koncentrációja $c_{\text{k}} = \dfrac{2,975 \cdot V}{(0,2 + V)}$ mol/dm^3

Az ecetsav egyensúlyi koncentrációja: $c_{\text{e.s.}} = \dfrac{2,975 \cdot V}{(0,2 + V) - 10^{-2,5}}$ mol/dm^3

A savállandóba behelyettesíthetünk:

$$K_{\text{s}} = 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(10^{-2,5})^2}{\dfrac{(2,975 \cdot V)}{(0,2 + V) - 10^{-2,5}}}$$

$V_{\text{ecetsav}} = 0,04625$ dm^3

b) 0,2857 mol $NaHCO_3$; 0,1376 mol CH_3COOH

$(HCO_3{}^- + H_2O\, H_2O + CO_2 + OH^-)$

$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightleftharpoons CH_3COONa + H_2O + CO_2$

$CH_3COO^- + H_2O\, CH_3COOH + OH^-$

Az összes ecetsav elreagál, marad még szódabikarbóna az oldatban, ami így lúgos kémhatású lesz, tehát az oldat színe vörösből kék lesz.

XIX. Dürer Verseny

K

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

4. feladat

Holdverem falvának híres mágusa *Edramir*, a könyveit búvva rájött, hogy germánium fém segítségével nagyon erős varázslatokat hajthat végre. El is döntötte, hogy varázspálcájának ékesítésére **germánium** bevonatot készít. Ehhez előkereste a mágusképzőben írt jegyzeteit a germánium előállításáról:
A Germánium Esszenciájának Kinyerése: Mesteri Eljárás az Égi Fém Megidézésére Jegyezd meg, ifjú alkimista, hogy eme eljárás veszélyes és csudás tudomány, csak avatott kezekbe való! Az érc, mit szerezned kell, világos színű és tompán csillog, cink-szulfidban bővelkedik és rejtve hordozza magában a titkokzatos germánium-oxidot.

1. Első lépésként vedd e ritka ércet, s tedd bele **erős kénsavas** főzetbe. Hagyd, hogy az érc szellemei feloldódjanak – ekkor az oldat opálossá válik, s márványosan örvénylik.

2. Midőn ez megtörtént, kezdj hozzá a tisztításhoz: csepegtesd hozzá a **nátrium lúgjának** cseppjeit lassan, türelemmel, így egy csapadék keletkezik.

3. A megszületett csapadékon fúvass át **klór-léget** (a bűzös, zöld szellemet palackban kell őrizned!). A szilárd anyag feloldódik, s egy áttetsző, ám erősen mérgező folyadék keletkezik – ez a **germánium-klorid ($GeCl_4$)**, maga a titkos esszencia. Ifjú vegyész, ezen folyamatban szabadulhatsz meg az érc Zn tartalmától, mert ez $ZnCl_2$ formájában kiválik!

4. Ne habozz, de cselekedj bölcsen: adj e folyadékhoz bőséggel **tiszta vizet**. Heves reakció támad, s az esszencia felforr, miközben sav képződik. A folyadékban immár csapadék képződik újra.

5. Hogy e lelket testté formáld, tedd a csapadékot egy tüzes kemencébe, s bocsáss rá redukáló gázt. A tűz és a lélek táncából megszületik a tiszta germánium fém, ragyogó és különleges, akár a Hold könnye.

Légy figyelmes ifjú tanonc, mert csak az ötödik lépésben történik oxidációs-szám változás!
A receptet követve a mágus szerzett germánium-oxid tartalmú cink-szulfidot és neki is látott a feldolgozásának.

a) Írd fel az 1., 2., 4. és 5. reakciók egyenletét a germánium-vegyületeire vonatkoztatva! Mi lehetett a redukáló gáz, amely magas hőmérsékleten elvonja az oxigént a germánium-oxidból?

b) A mágusnak hány kg ércet kell szereznie, ha 150 g germánium előállításával biztosan be tudja vonni a varázspálcáját? Az termelés 76%-os és a kiindulási érc 15 m/m%-ban tartalmaz germánium-oxidot.

c) A „nátrium-lúgjából” minimum hány cm^3-t készítsen elő a mágus, ha az oldat

$c = 1{,}76$ mol/dm^3-es? (Tételezzük fel, hogy eddig a lépésig nem történik veszteség!)

Ar(H)= 1,00, Ar(O)= 16,00, Ar(S)= 32,06, Ar(Zn)= 65,38, Ar(Ge)= 72,63

4. feladat megoldása

a) $GeCl_4$ -ben Ge oxidációs száma +4, és csak az 5. reakcióegyenletben változik ez az oxidációs szám, tehát a többi egyenletben is +4-es oxidációs számmal kell szerepelnie.

Ez alapján a kiindulási érc ZnS-ból és GeO_2-ból áll, de csak a germánium-oxiddal végbemenő folyamatokat kell felírni, az alábbiak szerint:

1. reakcióban a kénsavval reagáltatjuk a germánium-oxidot

   $GeO_2 + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow Ge(SO_4)_2 + 2\,H_2O$

2. nátrium-hidroxiddal reagáltatjuk a keletkező germánium-szulfidot

   $Ge(SO_4)_2 + 4\,NaOH \longrightarrow Ge(OH)_4 + 2\,Na_2SO_4$

4. $GeCl_4 + 2\,H_2O \longrightarrow GeO_2 + 4\,HCl$

5. A redukáló tulajdonságú gáz a H_2, így az egyenlet, amelyből megkapjuk a germániumot:

   $GeO_2 + H_2 \longrightarrow Ge + 2\,H_2O$

b) Vegyünk 100 g ércet, ez 15 $m/m\%$-ban tartalmaz germánium-oxidot, azaz 15 g-ot tartalmaz ebből. A moláris tömeg ismeretébenkiszámítható a germánium-oxid anyagmennyisége: $n = \dfrac{15\text{ g}}{104,63\text{ g/mol}} = 0,1434\text{ mol}$

A reakcióegyenletek sztöchiometriai együtthatóiból látható, hogy 1 mol GeO_2-ból 1 mol Ge keletkezik, tehát 0,1434 mol-ból kiindulva 0,1434 mol Ge keletkezik, ez az elméleti maximum.

A moláris tömeg és az anyagmennyiség ismeretében kiszámítható a 100 g ércből kinyerhető elméleti maximum Ge tömege, ami 10,42 g.

A kitermelés 76% volt, így az elméleti maximumnak a 76%-a keletkezett csak, ami 7,92 g.

A mágusnak 150 g tiszta germániumra volt szüksége. Aránypárral kiszámítható, hogy 100 g ércből 7,92 g Ge nyerhető, akkor 150 g Ge 1893,94 g, azaz 1,89 kg ércből állítható elő.

c) $c = 1,76\text{ mol/dm}^3$

Ekkor még a reakcióelegyben van a ZnS-ből képződött $ZnSO_4$ is, ami a nátrium-hidroxiddal szintén reakcióba lép:

$ZnSO_4 + 2\,NaOH \longrightarrow Zn(OH)_2 + Na_2SO_4$

150 g germánium a moláris tömeg ismeretében 2,065 mol.

2,065 mol 76% termeléssel keletkezik. 100%-os termelés esetén 2,7171 mol germánium-oxidból indultunk ki ($m = 284,30$ g), mert nem történt más veszteség. Ez a kiindulási érc 15 $m/m\% - a$ és emellett pedig 1611,07 g ZnS-t tartalmazott, ami 16,53 mol.

A reakcióegyenlet alapján a germánium-szulfát 1:4 arányban reagál a nátrium-hidroxiddal, így $2,7171 \cdot 4$ mol = 10,87 mol NaOH.

A reakcióegyenlet alapján a cink-szulfát 1:4 arányban reagál a nátrium hidroxiddal, így $16,53 \cdot 2$ mol = 33,06 mol további NaOH szükséges

Összesen n = 43,93 mol

$c = n/V$ alapján V= 24,958 dm^3, ami 24958 cm^3 lúgoldat, ennyi minimum szükséges.

XIX. Dürer Verseny

K

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

5. feladat

Amikor Zsákos Frodó Orodruin vulkánjában állt a lávatenger felett, nem csak azért nehezedett rá nagy nyomás, mert nagy küldetését, amiért egészen addig küzdött sokadmagával összefogva, végre befejezhette (volna) az Egy Gyűrű tűzbe hajításával, hanem azért is, mert embertelen körülmények uralkodhattak a vulkánban, többek között sok száz °C-os hőmérséklet, több száz MPa(megapascal)-os nyomás, ezenkívül pedig forró, kéndioxid- és kénhidrogén-, valamint hidrogén-klorid-tartalmú levegő, és rendkívül alacsony oxigén koncentráció. De ezt persze egy félszerzet (hobbit) simán kibírja.

a) Standard állapotban a földi légkörben milyen légnyomás és milyen hőmérséklet uralkodik, illetve mi a levegőben az oxigén átlagos koncentrációja tömegszázalékban megadva (a levegő átlagos moláris tömegét tekintsük 29,0 g/molnak)?

b) Milyen fémből lehetett a gyűrű, hogyha ilyen magas hőmérsékleten nem olvadt meg a vulkáni levegőn? Soroljatok fel három példát olyan fémre, ami 800°C-on szilárd halmazállapotú!

c) Feltéve, hogy a kráter légtere 3000 m^3, a hőmérséklete 800°C, a nyomás pedig 600 MPa, összesen hány mól gáz van a légtérben?

d) Ha a vulkán levegője 75,0% vízgőzt, 14,0% szén-dioxidot, 10,0% kén-dioxidot és 1,00% kénhidrogént tartalmaz, akkor összesen mekkora az egyes gázok anyagmennyisége, illetve a vulkáni levegő tömegszázalékos összetétele?

e) Mi a vulkáni levegő átlagos moláris tömege és sűrűsége a fentiek alapján?

f) A vulkánok közelében a valóságban is előfordul, hogy elemi kén, terméskén képződik és válik ki a vulkáni gázok reakciója eredményeként a vulkán oldalán. Melyik két említett gáz reakciója eredményez elemi ként? Írjátok fel a reakció egyenletét!

g) Ha a vulkáni kráterben lévő két említett gáz a lehető legnagyobb mennyiségben (azaz az egyik vagy mindkettő elfogyásáig) reagál a felírt reakcióegyenlet szerint, akkor mekkora tömegű kén képződik, és hogyan változik meg a vulkáni levegő anyagmennyiség-százalékos összetétele (ezen a hőmérsékleten a kén gáz halmazállapotú)?

Ar(H)= 1,00, Ar(C)= 12,01 , Ar(O)= 16,00, Ar(S)= 32,06, Ar(Cl)= 35,45

5. feladat megoldása

a) $p = 101325$ Pa; $T = 25°C$, ami 298,15 K;

20,9 n/n% oxigén, ami pl. 1 mol levegő esetén 0,209 mol

A levegő 1 molja 29 gramm, így az oxigé 0,209·32=6,688 gramm.

A levegő oxigéntartalma tömegszázalékban: $m/m\% = \frac{6,688}{29} \cdot 100 = 23{,}06\ m/m\%$. (Paraméteresen számolva más is elfogadható.)

b) Nagyon sok fém ilyen, pl. arany, ezüst, réz, vas, kobalt, nikkel, platina, volfrám stb. Ezek közül három.

c)

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{6 \cdot 10^8\ \text{Pa} \cdot 3 \cdot 10^3\ \text{m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 201\ 744\ 663\ \text{mol} = 2{,}017{\cdot}10^8\ \text{mol}$$

d) Az anyagmennyiségek kiszámítása az össz. levegő anyagmennyiségének ismeretében: 1,513· 10^8 mol vízgőz; 2,824·10^7 mol szén-dioxid; 2,017·10^7mol kén-dioxid; 2,017·10^6mol kén-hidrogén

A tömegszázalékos összetétel kiszámításához összeadjuk az összes gáz tömegét, ami $\Sigma m = 5,325 \cdot 10^9$ g

$w/w\% = \frac{m_{\text{komponens}}}{m_{\text{gázelegy}}} \cdot 100$

$w/w\%_{\text{H}_2\text{O}} = 51,41\%$, $w/w\%_{\text{CO}_2} = 23,23\%$, $w/w\%_{\text{SO}_2} = 24,24\%$, $w/w\%_{\text{H}_2\text{S}} = 1,288\%$

e) $M_{\text{átlag}} = \frac{m_{\text{össz}}}{n_{\text{össz}}} = 26,40$ g/mol

$\rho = m/V =$ 1,775 g/mol

Kén-dioxid és kénhidrogén:

$2\,\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\,\text{S}_{(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$

g) A kénhidrogén mennyisége a korlátozó tényező.

$n_{\text{s}} = 3,026 \cdot 10^6$, azaz $m_{\text{S}} = 9,682 \cdot 10^7$ g (96,82 tonna) kén képződik. Eközben elfogy az összes kén-hidrogén, valamint $n_{\text{SO}_2} 1,009 \cdot 10^6$ mol kén-dioxid.

2,017·10^6 mol vízgőz is képződik. Az össz anyagmennyiség 2,017·10^6 mollal nő (203 762 110 mol). Ezáltal az új anyagmennyiség-összetétel: 75,24 $\frac{n}{n}$% vízgőz; 13,86 $\frac{n}{n}$% szén-dioxid; 9,404 $\frac{n}{n}$% kén-dioxid; 1,485 $\frac{n}{n}$% kéngőz.

XIX. Dürer Verseny

K+

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

1. feladat

Ősbérc bölcs és hatalmas királya kihirdette, hogy annak a bátor és okos jelentkezőnek adja egyetlen leánya, Mirava hercegkisasszony kezét, aki kiállja a tudás próbáját. A feladatok nem erőt, hanem tudást kívántak, hisz Mirava szívét csak az nyerheti el, aki kitalálja kedvenc vegyülete, egy különleges aminosav képletét.
A hercegkisasszony szűkszavúan csak ennyit árult el: *„E szeretett molekulám 65,4545 tömegszázaléka szénből, 6,6667 százaléka hidrogénből áll. A többit nitrogén és oxigén teszi ki, mégpedig 1:2,29 arányban.”*

a) Mi az aminosav moláris tömege és összegképlete? Számítással igazoljátok a válaszotokat!

b) Milyen tipikus funkciós csoportokat tartalmaznak az aminosavak és mi jellemző a szerkezetükre?

c) Mi lehet az aminosav szerkezeti képlete, ha tudjuk, hogy az nem tartalmaz metilcsoportot? Mely kémcsőkísérlettel tudnánk ezt az aminosavat kimutatni, mi a kísérlet lényege?

Ar(H)= 1,008, Ar(C)= 12,01, Ar(N)= 14,01, Ar(O)= 16,00

1. feladat megoldása

a)

Az aminosav tömegének 65,4545%-a szén, 6,667%-a hidrogén és a maradék 27,8788%-a heteroatomok, N és O 1:2,286 tömegarányban.

Legyen x a N atom m/m%-a az aminosavban, 2,286x pedig az O atom m/m%-a az aminosavban.

A tömegarányok és az aminosavat alkotó heteroatomok tömegszázalékának ismeretében felírhatjuk a következő egyenletet: $27,8788 = 1x + 2,286x$, amiből megkapjuk, hogy x = 8,4841 és 2,286x = 19,395

A tömegarányok $m_C : m_H : m_N : m_O$ = 65,4545:6,667:8,4841:19,395

Ezeket az arányokat a moláris tömeg ismeretében átszámíthatjuk anyagmennyiségbe és megkapjuk, hogy:

$n_C : n_H : n_N : n_O$ = 5,4545:6,667:0,606:1,212

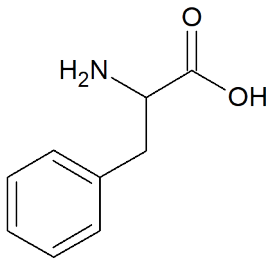
A legkisebb anyagmennyiséggel leosztva a következő arányokat kapjuk: $n_C : n_H : n_N : n_O$ = 9:11:1:2, tehát az aminosav összegképlete: $C_9H_{11}NO_2$, a moláris tömege pedig M = 165 g/mol

b) Aminocsoport és karboxilcsoport, ikerionos szerkezet jellemző rájuk.

c) Ismeretes a molekulának az a része, amely minden aminosavban előfordul: $H_2N-CH-COOH$, az ismert rész összegképlete: $C_2H_4NO_2$

Tudjuk, hogy az aminosav összegképlete $C_9H_{11}NO_2$, tehát az ismeretlen oldallánc képlete ennek, és az ismert rész összegképletének különbsége: C_7H_7

Ha megnézzük, ez az összegképlet csak úgy jöhet ki, ha 4 telítetlenséget helyezünk az oldalláncba, ami egy benzolgyűrűvel meg is oldható (3 kettős kötés és gyűrű). A fenilcsoport összegképlete C_6H_5, fennmarad tehát CH_2, ami egy metiléncsoport. Mivel az aminosav nem tartalmazhat metilcsoportot, csak egy szerkezet jöhet szóba, méghozzá a fenilalanin:



Az aminosavakat kimutathatjuk Xantoprotein és Biuret próbával.

XIX. Dürer Verseny

K+

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

2. feladat

Harry Potterék bájitaltan órán Perselus Piton Tanár Úr vezetésével éppen potenciálisan mérgező nehézfémek azonosítását tanulják.

a) Mely fémeket nevezzük nehézfémnek?

b) Írjatok néhány (legalább 2) példát közismerten mérgező nehézfémekre!

A diákok 6 betűkkel ellátott (A, B, C, D, E, F) kémcsövet látnak maguk előtt szilárd ionvegyületekkel, melyekből vizes oldatokat kell készíteniük, valamint további üres kémcsöveket, illetve egyéb reagenseket, melyekkel beazonosíthatják az egyes vegyületekben jelenlévő nehézfémionokat.

Az oldatokkal tapasztalt megfigyeléseiket a következő táblázatban rendszerezték:

	A	B	C	D	E	F
Szilárd vízmentes vegyület színe	Halványzöld	Fehér	Fehér	Almazöld	Kék	Fehér
Vizes oldat színe	Halványzöld	Kék	Színtelen	Halványzöld	Lilás rózsaszín	Színtelen
NaOH oldat cseppentése	Zöld csapadék	Kék csapadék	Kávébarna csapadék	Halványzöld csapadék	Kék csapadék	Fehér csapdék
NaOH oldat hozzáadás után levegőn állva	A csapadék bebarnul	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás
Feleslegben NaOH hozzáadása	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Rózsaszín csapadék	A csapadék feloldódik, színtelen oldatot kapunk
NaOH oldat hozzáadása után szalmiákszesz hozzáadása	Nincs látható változás	A csapadék feloldódik, királykék színű oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, színtelen oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, kék oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, sárga oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, színtelen oldatot kapunk
Kénhidrogén oldat hozzáadása	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fehér csapadék

Piton Tanár úr Ron könyörgésére annyi segítséget adott még a diákoknak, hogy a 6 fém a periódusos rendszerben egy egybefüggő alakzatot alkot a d-mezőben.

c) Melyik nehézfémionokat ismertétek fel? Írjatok minden esetben legalább három konkrét (bizonyító erejű) információt: megfigyelést vagy reakciót, a reakcióknál elég a keletkező csapadék/vízoldékony komplex képletét feltüntetnetek magyarázatként!

d) Az azonosított fémek közül melyiknek a hiánya okoz az emberben vérszegénységet?

e) Az azonosított ionok közül az egyik kloridját papírként régebben víz vagy vízpára jelenlétének kimutatására is használták a víz hatására történő színváltása miatt. A fenti kísérletekben is megfigyelhető volt ez a színreakció. Melyik ez az ion?

2. feladat megoldása

a) Az 5 g/ml-nél nagyobb sűrűségű fémeket nevezzük nehézfémeknek. (Más, ezzel egyenértékű válasz is elfogadható.)

b) Közismerten mérgező nehézfémek például az ólom, az ón, a higany stb. Bármely kettő helyes válasz elfogadható.

c) A: Fe^{2+}; B: Cu^{2+}; C: Ag^{+}; D: Ni^{2+}; E: Co^{2+}; F: Zn^{2+}

Bármely vegyület, illetve oldat színére, vagy konkrét pozitív reakciójára hivatkozhatnak, a lényeg, hogy legyen mindegyiknél három, és legyenek képletek, ahol kell, összesen legalább egy.

Egy lehetséges megoldás:

Észrevesszük, hogy az **A ion** esetében halványzöld vegyületekről és oldatról beszélünk, továbbá erős lúg hozzáadásával zöldes, levegőn megbarnuló csapadék képződik, ami kifejezetten a vas(II) - vas(III) oxidáció színátmenetére jellemző, tehát az A ion a vas(II) volt. Ezenkívül a d) feladatrész is egyértelművé teszi, hogy a vasnak szerepelnie kell az ismeretlenek között. Elfogadható képletek: $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$-halványzöld komplex, $Fe(OH)_2$-zöld csapadék, FeS-fekete csapadék.

A **B ion** esetében az az igazán árulkodó, hogy a kék vizes oldatból lúg hatására kék csapadék válik ki, ami ammónia hozzáadásával mélykék színnel feloldódik, itt a réz(II)-oldat és -hidroxid színét, illetve réz-tetraammin komplex képződését lehet felismerni, tehát a réz(II) ionról van szó. Elfogadható képletek: $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$-kék komplex, $Cu(OH)_2$-kék csapadék, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$- mélykék komplex, CuS- fekete csapadék.

A **C ion** érdekes módon színtelen oldatból lúg hozzáadására kávébarna csapadékot képez, ezenkívül ammóniafeleslegben feloldódik, ez az ezüst(I) lesz. Elfogadható képletek: Ag_2O-kávébarna csapadék, $[Ag(NH_3)_2]^{+}$-színtelen komplex, Ag_2S-fekete csapadék.

A **D ion** jellegzetes almazöld színű vegyületeket és oldatot képez, ezenkívül a periódusos rendszerben a 6 elemnek egybefüggő területet kell alkotnia, így pl. az eddig felfedezett vasat és rezet össze kell kötni, ezért is kell a nikkelnek lennie, ami nikkel(II) iont képez főleg. Elfogadható képletek: $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$-almazöld komplex, $Ni(OH)_2$-halványzöld csapadék, $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$-kék komplex, NiS- fekete csapadék.

Az **E ion** esetében hasonlóképpen, a rózsaszín oldatot, illetve akár a kék-rózsaszín átmenetet víz hatására megfigyelhetjük (erre az e) feladatrész is utal), továbbá a vasat és a nikkelt is össze kell kötni, és pont köztük van a kobalt a periódusos rendszerben, így ez a kobalt(II). Elfogadható képletek: $[Co(H_2O)_6]^{2+}$-lilás rózsaszín komplex, $Co(OH)_2$-rózsaszín csapadék, $[Co(NH_3)_6]^{2+}$-sárga komplex, CoS- fekete csapadék.

Az **F ion** fehér vegyületeket és színtelen oldatot alkot, lúg hatására képződő fehér csapadéka pedig lúgfeleslegben feloldódik, nyilván ezért amfoter fémről van szó, ami kötődik a

periódusos rendszer eddig felfedett részéhez a d-mezőben, másra nem nagyon lehet gondolni, mint a cinkre, ami csak cink(II) iont képez. Elfogadható képletek: $Zn(OH)_2$-fehér csapadék, $[Zn(OH)_4]^{2+}$-színtelen komplex, $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$-színtelen komplex, ZnS-fehér csapadék.

d) A vas hiánya okoz vérszegénységet.

e) A vizsgált vegyületek közül a *B* és *E* jelűek azok, amelyek színe eltérő oldatban és szilárd formában. Ezek a c) feladatrész alapján rendre a réz(II)- és a kobalt(II)-ionokat takarják. Mivel a szilárd réz(II)-klorid kékes színű, és az oldata is kék, ezt a vegyületet nem használhatták vízkimutatásra. A kobalt(II)-klorid kék színű, oldata viszont rózsaszín, így ez a vegyület alkalmas lehet a vízkimutatásra.

3. feladat

Amikor Zsákos Frodó Orodruin vulkánjában állt a lávatenger felett, nem csak azért nehezedett rá nagy nyomás, mert nagy küldetését, amiért egészen addig küzdött sokadmagával összefogva, végre befejezhette (volna) az Egy Gyűrű tűzbe hajításával, hanem azért is, mert embertelen körülmények uralkodhattak a vulkánban, többek között sok száz °C-os hőmérséklet, több száz MPa(megapascal)-os nyomás, ezenkívül pedig forró, kéndioxid- és kénhidrogén-, valamint hidrogén-klorid-tartalmú levegő, és rendkívül alacsony oxigén koncentráció. De ezt persze egy félszerzet (hobbit) simán kibírja.

a) Standard állapotban a földi légkörben milyen légnyomás és milyen hőmérséklet uralkodik, illetve mi a levegőben az oxigén átlagos koncentrációja tömegszázalékban megadva (a levegő átlagos moláris tömegét tekintsük 29,0 g/molnak)?

b) Milyen fémből lehetett a gyűrű, hogyha ilyen magas hőmérsékleten nem olvadt meg a vulkáni levegőn? Soroljatok fel három példát olyan fémre, ami 800°C-on szilárd halmazállapotú!

c) Feltéve, hogy a kráter légtere 3000 m^3, a hőmérséklete 800°C, a nyomás pedig 600 MPa, összesen hány mól gáz van a légtérben?

d) Ha a vulkán levegője 75,0% vízgőzt, 14,0% szén-dioxidot, 10,0% kén-dioxidot és 1,00% kénhidrogént tartalmaz, akkor összesen mekkora az egyes gázok anyagmennyisége, illetve a vulkáni levegő tömegszázalékos összetétele?

e) Mi a vulkáni levegő átlagos moláris tömege és sűrűsége a fentiek alapján?

f) A vulkánok közelében a valóságban is előfordul, hogy elemi kén, terméskén képződik és válik ki a vulkáni gázok reakciója eredményeként a vulkán oldalán. Melyik két említett gáz reakciója eredményez elemi ként? Írjátok fel a reakció egyenletét!

g) Ha a vulkáni kráterben lévő két említett gáz a lehető legnagyobb mennyiségben (azaz az egyik vagy mindkettő elfogyásáig) reagál a felírt reakcióegyenlet szerint, akkor mekkora tömegű kén képződik, és hogyan változik meg a vulkáni levegő anyagmennyiség-százalékos összetétele (ezen a hőmérsékleten a kén gáz halmazállapotú)?

Ar(H)= 1,00, Ar(C)= 12,01 , Ar(O)= 16,00, Ar(S)= 32,06, Ar(Cl)= 35,45

3. feladat megoldása

a) $p = 101325$ Pa; $T = 25°C$, ami 298,15 K;

20,9 n/n% oxigén, ami pl. 1 mol levegő esetén 0,209 mol

A levegő 1 molja 29 gramm, így az oxigé 0,209·32=6,688 gramm.

A levegő oxigéntartalma tömegszázalékban: $m/m\% = \frac{6,688}{29} \cdot 100 = 23{,}06\ m/m\%$. (Paraméteresen számolva más is elfogadható.)

b) Nagyon sok fém ilyen, pl. arany, ezüst, réz, vas, kobalt, nikkel, platina, volfrám stb. Ezek közül három.

c)

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{6 \cdot 10^8\ \text{Pa} \cdot 3 \cdot 10^3\ \text{m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15\ \text{K}} = 201\ 744\ 663\ \text{mol} = 2{,}017{\cdot}10^8\ \text{mol}$$

d) Az anyagmennyiségek kiszámítása az össz. levegő anyagmennyiségének ismeretében: 1,513· 10^8 mol vízgőz; 2,824·10^7 mol szén-dioxid; 2,017·10^7mol kén-dioxid; 2,017·10^6mol kén-hidrogén

A tömegszázalékos összetétel kiszámításához összeadjuk az összes gáz tömegét, ami $\Sigma m = 5,325 \cdot 10^9$ g

$w/w\% = \frac{m_{\text{komponens}}}{m_{\text{gázelegy}}} \cdot 100$

$w/w\%_{H_2O} = 51,41\%$, $w/w\%_{CO_2} = 23,23\%$, $w/w\%_{SO_2} = 24,24\%$, $w/w\%_{H_2S} = 1,288\%$

e) $M_{\text{átlag}} = \frac{m_{\text{össz}}}{n_{\text{össz}}} = 26,40$ g/mol

$\rho = m/V = 1{,}775$ g/cm^3

f) Kén-dioxid és kénhidrogén:

$$2\,H_2S + SO_2 \longrightarrow 3\,S_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

g) A kénhidrogén mennyisége a korlátozó tényező.

$n_s = 3,026 \cdot 10^6$, azaz $m_S = 9,682 \cdot 10^7$ g (96,82 tonna) kén képződik. Eközben elfogy az összes kén-hidrogén, valamint $n_{SO_2} 1,009 \cdot 10^6$ mol kén-dioxid.

2,017·10^6 mol vízgőz is képződik. Az össz anyagmennyiség 2,017·10^6 mollal nő (203 762 110 mol). Ezáltal az új anyagmennyiség-összetétel: 75,24 $\frac{n}{n}$% vízgőz; 13,86 $\frac{n}{n}$% szén-dioxid; 9,404 $\frac{n}{n}$% kén-dioxid; 1,485 $\frac{n}{n}$% kéngőz.

4. feladat

Alhymor alkímikus és varázsló egy tartályszigetelő varázslatát teszteli. Először két elemi gázból álló sárgászöld színű standard állapotú gázkeveréket töltött az elvarázsolt tartályba. A gázt UV fénnyel megvilágítva, (a gázzal elhanyagolható mennyiségű energiát közölve), láncreakciót indított el, mely során -92,3 kJ/mol képződéshőjű és -74,84 kJ/mol oldáshőjű gáz keletkezett.

a) Általánosan mely három lépésből áll egy láncreakció? Írjátok fel egy-egy példát az ezekhez a lépésekhez tartozó reakcióegyenletekre a fenti reakcióban!

A reakció után megállapította, hogy a tartály tényleg tökéletesen szigetel, azaz az összes felszabadult kémiai energia a gázkeverék belső energiáját növelte, ettől a tartály nyomása 5,892 atm-ra nőtt és a gázkeverék elszíntelenedett. Az eredeti és a keletkezett gázkeverék belső energiája is teljesíti az $U = 5/2 \cdot k \cdot T \cdot N(\text{db})$ összefüggést, ahol k a *Boltzmann-állandó* értéke pedig $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K, T a hőmérséklet K mértékegységben, N pedig a molekulák száma.

b) Mi lehetett a kiindulási gázkeverék tömegszázalékos összetétele?

Miután kísérletével végzett, mivel nem akarta a falu levegőjét felelőtlenül beszennyezni, ezért a változatlan nyomású és hőmérsékletű gázkeveréket átvezette vízen, és ami nem oldódott fel, azt elégette, mely során egy -285,8 kJ/mol képződéshőjű folyadék keletkezett. Így összesen 107,8 kJ energia szabadult fel.

c) Mekkora a varázsló tartálya?

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K

4. feladat megoldása

a) A láncreakciók *láncindító*, *láncvivő* és *lánczáró* lépésekből állnak az alapján, hogy a lépés során a gyökök száma nő, változatlan vagy csökken. Ezekre példák ebben a reakcióban:

Láncindító lépés:

$$\mathrm{H_2} \xrightarrow{h\nu} 2\,\mathrm{H}\cdot$$

$$\mathrm{Cl_2} \xrightarrow{h\nu} 2\,\mathrm{Cl}\cdot$$

Láncvivő lépés:

$$\mathrm{H_2} + \mathrm{Cl}\cdot \longrightarrow \mathrm{HCl} + \mathrm{H}\cdot$$

$$\mathrm{Cl_2} + \mathrm{H}\cdot \longrightarrow \mathrm{HCl} + \mathrm{Cl}\cdot$$

$$\mathrm{HCl} + \mathrm{H}\cdot \longrightarrow \mathrm{H_2} + \mathrm{Cl}\cdot$$

$$\mathrm{HCl} + \mathrm{Cl}\cdot \longrightarrow \mathrm{Cl_2} + \mathrm{H}\cdot$$

Lánczáró lépés:

$$\mathrm{H}\cdot + \mathrm{H}\cdot \longrightarrow \mathrm{H_2}$$

$$\mathrm{Cl}\cdot + \mathrm{Cl}\cdot \longrightarrow \mathrm{Cl_2}$$

$$\mathrm{H}\cdot + \mathrm{Cl}\cdot \longrightarrow \mathrm{HCl}$$

A reakció bruttó egyenlete pedig:

$$\mathrm{H_2} + \mathrm{Cl_2} \longrightarrow 2\,\mathrm{HCl}$$

b) $p_0 = 100.000\,\mathrm{Pa}$, $p_1 = 597.007\,\mathrm{Pa}$

Mivel a reakció során az anyagmennyiség nem változik, csak a nyomás nő, a kiindulási és a végállapotra igaz Guy-Lussac törvénye:

$$\frac{p_1}{T1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Átrendezve meghatározható a végállapot hőmérséklete:

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2}{p_1} = 298,15\,\mathrm{K} \cdot \frac{597.007\,\mathrm{Pa}}{100.000\,\mathrm{Pa}} = 1780\,\mathrm{K}$$

A hőmérséklet növekedésével párhuzamosan a tartályban található molekulák belső energiája is nőtt. Mivel nem tudjuk a pontos anyagmennyiséget, csak moláris belső energianövekedést tudunk megadni a hőmérséklet-változás függvényében:

$$\Delta U_{mol} = \frac{5}{2} \cdot k \cdot \Delta T \cdot N = \frac{5}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}} \cdot (1780\,\mathrm{K} - 298,15\,\mathrm{K}) \cdot 6 \cdot 10^{23} = 30.674\,\mathrm{J}$$

Mivel hőmérséklet növekedéséért kizárólag HCl keletkezése felelős, és a gáz képződéshője ismert, az egy mól gázkeverékből keletkező HCl gáz anyagmennyisége megadható a moláris belső energiaváltozás ismeretében (a képződéshő előjelét figyelmen kívül hagyhatjuk, hisz a belső energia növekménye a képződéshőből származik):

$$\Delta n_{HCl} = \frac{\Delta U}{\Delta_k H_{HCl}} = \frac{30,674\,\text{kJ}}{92,3\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}} = 0,332\,\text{mol}$$

Mivel a kiindulási sárgászöld gáz elszíntelenedett, a láncreakciónak a klórgáz elfogyása vetett véget. A bruttó reakcióegyenlet alapján az egy mól gázkeverékből keletkező HCl gáz mennyisége kétszerese az elfogyó klórgázénak, utóbbi anyagmennyiségét ki tudjuk számítani:

$$n_{Cl_2} = 0,5 \cdot n_{HCl} = 0,5 \cdot 0,332\,\text{mol} = 0,166\,\text{mol}$$

Tehát 1 mól gázkeverékben 0,166 mól klórgáz, és ezzel összefüggésben 0,834 mól hidrogéngáz található, azaz a két gáz aránya 1:5. Vegyünk ismét egy mól gázt! Ezekben a két komponens tömege:

$$m_{Cl_2} = n_{Cl_2} \cdot M_{Cl_2} = 0.166\,\text{mol} \cdot 70,90\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 11,77\,\text{g}$$
$$m_{H_2} = n_{H_2} \cdot M_{H_2} = 0.834\,\text{mol} \cdot 2,016\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,681\,\text{g, az összes tömeg pedig 13,45 g.}$$

A kiindulási gázelegy tömegszázalékos összetétele tehát: **87,51% klórgáz** és **12,49% hidrogéngáz**.

c) A vizen átvezetés során a HCl gáz oldódik fel, végül a visszamaradt hidrogéngázt égetjük el. Vegyünk 1 mol gázkeveréket! Ebben 0,332 mól HCl gáz és 0,668 mol hidrogéngáz van. A sósavgáz feloldása során keletkező hő mennyisége:

$$\Delta Q_{HCl} = \Delta_{old} H_{HCl} \cdot n_{HCl} = -74,84\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,332\,\text{mol} = -24,85\,\text{kJ}$$

A maradék hidrogéngáz elégetésével azonos mennyiségű víz keletkezik, amely során a felszabaduló hő mennyisége:

$$\Delta Q_{H_2O} = \Delta_k H_{H_2O} \cdot n_{H_2} = -285,8\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,668\,\text{mol} = -190,9\,\text{kJ}$$

Azaz 1 mol gáz kezelése során összesen 215,8 kJ mennyiségű hő szabadulna fel. Mivel azonban csak 107,8 kJ energia felszabadulását mértük, a gázelegy anyagmennyisége csak 0,4995 mol. Figyelembe véve, hogy a nyomás és a hőmérséklet még mindig magas, a gáz anyagmennyiségéből a tartály térfogata kiszámítható:

$$V_{tartály} = \frac{n_{elegy} \cdot R \cdot T_2}{p_2} = \frac{0,4995\,\text{mol} \cdot 8,314\,\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 1.780\,\text{K}}{597.007\,\text{Pa}} = 0,01238\text{m}^3 = 12,38\text{dm}^3$$

XIX. Dürer Verseny

K+

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Kifejtős megoldókulcs**

5. feladat

Miután a félvérek az összes létező pH-számolós feladatot megoldották Poszeidónnal, Mr. Brunnernek kreatívnak kellett lenni, hogy kihívás elé állítsa a lurkókat a zászlószerzés első fordulójában, amit kivételesen vetélkedő formájában rendeztek meg (az Árész-bungalló nagy bánatára). De a kentaurt sem kell félteni, az évezredek alatt látott már ezt-azt. Eszébe jutott, hogy a vízhez hasonlóan több másik anyag, például a cseppfolyós ammónia is képes az autodisszociációra:

$$2\,NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + NH_2^-$$

$$K_{AD} = 10^{-33}\frac{mol^2}{dm^{-6}}; \Delta_r H = +46\ kJ/mol$$

a) Értelmezzétek az ammóniumion és az amidion (NH_2^-) sav-bázis tulajdonságait folyékony ammóniában a Brønsted–Lowry sav–bázis elmélet alapján!

b) K_{AD} mértékegysége analóg a vízionszorzattal. Amennyiben a folyékony ammónia sűrűségét -50 °C-on 700 kg/m^3-nek vesszük, mennyi a fenti reakcióegyenlethez tartozó egyensúlyi állandó (K)?

A pH-hoz analóg módon definiálható a pNH_3-érték folyékony ammóniában:

$$pNH_3 = -\log[NH_4^+]$$

c) Mennyi a semleges pNH_3-érték 223 K-en? Hogyan változik (kvalitatíve) az érték a hőmérséklet növekedésével?

Az oldószer felcserélése érdekes következményekkel jár: az ecetsav például erős savként viselkedik (pK_s = -4,50).

d) Mennyi lesz a következő koncentrációjú ammónium-acetát-oldatok pNH_3-értéke?

$c_1 = 0,1\ mol/dm^3$
$c_2 = 2\ mol/dm^3$
$c_3 = 10^{-17}\ mol/dm^3$

e) A medúzasav egy szubsztituált fenolszármazék, amely vízben és folyékony ammóniában is viszonylag erős savként viselkedik. Az ammóniában mérhető K_s-érték a vízben mérhető 0,597-szerese. A medúzasavból c_0 = 0,1 mol/dm^3-es oldatot készítünk desztillált vízben és folyékony ammóniában is. A két oldatot összehasonlítva az egyensúlyi $\frac{[NH_4^+]}{[H^+]}$ arány 0,923. Mekkora a medúzasav savállandója ammóniában és mekkora a pNH_3-értéke a készített oldatnak? Írjátok le a számolás menetét is!

Mr. D-nek eszébe jutott, hogy az alkálifémek hidrogénfejlődés mellett oldódnak folyékony ammóniában, a reakció egyetlen másik terméke az alkálifém megfelelő sója.

f) Ha m = 210 mg lítiumot oldunk V =0,1 dm^3 folyékony ammóniában és az oldatot konstans -50 °C-on tartjuk, mennyi lesz a keletkező oldat pNH_3-értéke? Írjátok fel a reakcióegyenletet is! Az alkálifémionok sav-bázis tulajdonságai folyékony ammóniában nem szignifikánsak a feladat szempontjából.

5. feladat megoldása

a) Az ammóniumion H^+-donorként viselkedik, tehát **erős sav**, míg az amidion H^+-akceptorként viselkedik, tehát **erős bázis** folyékony ammóniában.

b) A folyékony ammóniában $[NH_3] = \dfrac{700\ \text{g/dm}^3}{17,04\ \text{g/mol}} = 41{,}08\ \text{mol/dm}^3$.

Tehát $K = K_{AD}/[NH_3]^2 = 5,93 \cdot 10^{-37}$ (az autodisszociáció során fogyó amónniától eltekinthetünk).

c) A vízhez analóg módon ez $pK_{AD}/2 = 33/2 = 16{,}5$

Mivel az autoionizáció endoterm folyamat, a hőmérséklet emelése az egyensúlyt a jobb oldalra tolja el. Ezáltal K_{AD} értéke csökkeni fog, ami által a semleges pNH_3 is csökken (szintén a vízhez analóg módon).

d) Mivel az ecetsav erős sav ammóniában, az acetát szolvanolízisétől eltekinthetünk. Így gyakorlatileg egy erős sav (NH_4^+) pNH_3-át kell számolni.

pNH_3 (1) = -log(0,1) = 1,00

pNH_3 (2) = -log(2) = -0,301

pNH_3 (3) = itt a semleges pNH_3 közelében vagyunk, így az autodisszociációból származó ammóniumionokat is figyelembe kell venni:

$10^{-33} = (10^-16 + x) \cdot x$

pNH_3= -log$[NH_4^+]$ = 16,43

e) $\dfrac{K_s(NH_3)}{K_s(H_2O)} = 0,597$

$\dfrac{[NH_4^+]}{[H^+]} = 0,923$

Az ammóniában való egyensúlyt felírva:

$$K(NH_3) = \frac{[A^-][NH_4^+]}{[HA]} = \frac{[NH_4^+]^2}{c_0 - [NH_4^+]} = \frac{0,852 \cdot [H^+]^2}{c_0 - 0,923[H^+]} = 0,597 \cdot K(H_2O) = \frac{0,597 \cdot [H^+]^2}{c_0 - [H^+]}$$

Az egyenletből következik:

$0,852 \cdot [H^+]^2 \cdot (c_0 - [H^+]) = 0,597 \cdot [H^+]^2 \cdot (c_0 - 0,923[H^+])$

$0,852 \cdot (c_0 - [H^+]) = 0,597 \cdot c_0 - 0,923[H^+]$

Ebből kiszámítható, hogy $[H^+]$= 0,08437, $[NH_4^+]$= 0,923·$[H^+]$ = 0,0782 és pNH_3 = 1,107

$$K(NH_3) = \frac{[NH_4^+]^2}{0,1 - [NH_4^+]} = 0,2805\ \text{mol/dm}^3$$

f) A reakcióelegyben van: $n_{\mathrm{Li}} = 0,21\ \mathrm{g}/(6,94\ \mathrm{g/mol})$

$$n_{\mathrm{NH_3}} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{700\ \mathrm{g/dm^3} \cdot 0,1\ \mathrm{dm^3}}{17,04\ \mathrm{g/mol}} = 4,108\ \mathrm{mol}$$

Mivel az ammónia jelentős feleslegben van, a fogyását (egyúttal a térfogatváltozást) el lehet hanyagolni. A lejátszódó reakció egyenlete:

$$2\,\mathrm{Li} + 2\,\mathrm{NH_3} \longrightarrow \mathrm{H_2} + 2\,\mathrm{LiNH_2}$$

$[\mathrm{LiNH_2}] = 0{,}03026\ \mathrm{mol}\ /0{,}1\mathrm{dm^3} = 0{,}3026\ \mathrm{mol/dm^3}$

A lítium-amid erős bázisként viselkedik folyékony ammóniában, így a $\mathrm{pNH_3}$ kiszámítható:

$\mathrm{pNH_3} = 33 + \log(0{,}3026) = 32{,}48$

XIX. Dürer Verseny

L
kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Labor megoldókulcs**

1. feladat

KÖZHÍRRÉ TÉTETIK!
-Levorotária legendás mágusa, a Nagy, avagy "Sárkánymaceráló[1,2,3] " Viszkonzia keresi következő bűbájkotyvasztó növendékeit!

1: macerálás: szilárd anyagból különféle anyagok kivonása mechanikai aprítással és kémiai kioldással (a szerz.).

2: Viszkonzia természetesen hobbiból szeret sárkányokat bosszantani és NEM viselni ennek tüzes következményeit (a szerz.).

3: R. Kinetika, L. Diszperzia, H. Gibbs, V. Nagy, *In vivo kivonatozási eljárások draconis pyromani és wyvernia megaptera fajokból*, J. Sup. Nat. Mater. **3967**, 13, 1196-1207.

A kiképzés során az életbenmaradásra nincs garancia, de nem is kifejezett cél az ellentettje.

Társaitokkal nyomban jelentkeztetek is erre a soha vissza nem térő lehetőségre. Azonban, hogy célotokat elérhessétek vala HÁROM PRÓBÁT KI KE... uhh najó, igazából csak ezt a feladatot kell kiállnotok.
A NAGY Viszkonzia végeláthatatlan bölcseletében eme feladatot nevezte meg kiválasztási feltételnek: fessetek meg szövetet egy olyan festékkel mely színtelen anyagból készül, színes formájában teljesen használhatatlan szövetfestésre, viszont okos transzfigurációval ismét színtelen anyag készíthető belőle, ami már jól (nem) festi a szövetet. Ha bemutatjátok eljárásotokat sikeresen akkor pontosan evégett nyertek bebocsájtást Viszkonzia mentori programjába. Azonban, ha nem akkor SÁRKÁNYELESÉGGÉ VÁLTOK VA... szomorúan kullogtok haza.
Szerencsétekre a Nagy – Habár a Viszkonziánál Valamivel Kisebb – Fugácia mágus munkásságából tudhassátok, hogy eme remek tulajdonságokkal rendelkezik nem más, mint az indigó nevű kék retek. Ezért neki is álltok ennek a historikus pigment előállításának ahogyan azt Adolf Baeyer és Viggo Drewsen is tette anno, mégpedig imígyen:

1. Egy Griffin-féle főzőpohárba mérjetek be táramérlegen 0,50 g 2-nitrobenzaldehidet, majd oldjátok fel 5 cm^3 acetonban.

2. Intenzív kevergetés mellett csepegtessetek (szervesvegyész titrálása) ehhez az oldathoz 5 cm^3 1 mol/dm^3-es NaOH-oldatot. Figyeljétek meg a folyamat során bekövetkező szín- és hőmérsékletváltozást. A beadagolás után hagyjátok a reakcióelegyet szobahőmérsékleten állni kb. 15 percet, időnként kevergessétek meg.

3. A reakcióidő lejártával hígítsátok meg az elegyet kb. 10 cm^3 vízzel, és vákuumszűréssel izoláljátok a levált indigót. (célszerű a használt szűrőpapír, és az izolátum tárolására használt Petri-csésze/óraüveg együttes tömegét a szűrés előtt feljegyezni!) A nyers indigót még a szűrőn, vákuumszívás mellett mossátok át néhányszor (célszerűen, amíg a lecsöpögő szűrlet már színtelen) vízzel, majd ezután a szárítás könnyítésére egyszer kevés alkohollal (vigyázzatok, az alkoholban már egy kicsit jobban oldódik a termék!)

4. Hagyjátok levegőn száradni a terméket, majd mérjétek le a tömegét, számítsatok termelést!

Pompázatos! Előállítottatok egy gyönyörű kék pigmentet! Ez azonban még csak a fele a mókának, mivelhogy ebben a formában az indigó alig oldódik még a legmeggyőzőbb szerves oldószerben is, ezért a felületrevitele közel sem triviális. A következő lépésekkel azonban a kiadott fehér pamut izéket meg tudjátok festeni.

5. Dörzsmozsárba mérjetek össze kb. 0,1 g (igazság szerint egy "késhegynyi" mennyiség is teljesen megfelelő) indigót és kb. 0,3 g nátrium-ditionitet. Alaposan porítsátok el a két szilárdat, majd egy nagyon kevés vizet is adjatok hozzá, és ezzel is dörzsöljétek el alaposan. Egy nagyobb daraboktól nagyjából mentes sötétkék híg paszta a cél állag.

6. Ezt a pasztát kevés vízzel (3-4 cm^3) mossátok át egy kémcsőbe, adjatok hozzá 2 cm^3 1 mol/dm^3-es NaOH-oldatot, még egy porció (0,3 g) nátrium-ditionitet, és hígítsátok fel vízzel kb. 9-10 cm^3 össztérfogatra (szemmel meghatározva is teljesen jó, a fő lényeg, hogy a kémcső a felénél feljebb NE legyen töltve).

7. A kémcsövet melegítsétek fel óvatosan kb. 50-70 °C-ra (a kémcső nyakán vízpáralecsapódás megjelenik, a kémcső kézzel még érinthető, de kellemetlen), és tartsátok melegen kb. 15-20 percen át, óvatos újramelegítésekkel. Fontos, hogy óvatosan kevergessétek a kémcső tartalmát, mert a levegővel érintkező folyadékfelületet minimalizálni kell ahhoz, hogy jól működjön a tudomány! A melegítés végén a célállapot egy nagyjából átlátszó, élénk zöldessárga oldat, aminek a tetején oldatlan indigócsapadék úszik.

8. A kémcső tartalmát szűrjétek redős szűrőn egy tiszta kémcsőbe. A szűrlet egy úgynevezett leukóindigó-oldat, melyet a Nagy Viszkonzia "színtelennek" titulált, mert szegényke nehezen látja már a sárgát a sok sárgkány után. Ez alkalmas már a fehér pamut izék megfestésére. Mártsátok, vagy merítsétek be teljesen ezeket a pamut izéket a leukó-oldatba, és hagyjátok benne kb. 5 percre. Majd halásszátok ki a pamut izéket a csipeszetekkel, finoman lengessétek őket a levegőn, és figyeljétek a színváltozást!

9. A most már kék pamut izékkel még nem vagytok készen, hiszen nedvesek, és el vannak szennyezve mindenféle nátriumsókkal. Itassátok le a maradék oldatot egy papírtörlővel, majd tiszta vízzel mossátok el a pamut izéket. Ezzel nem csak a sóktól tudtok fájdalmas búcsút venni, de jó mágu.... tudós módjára önnön magatok számára is igazolhatjátok, hogy az indigó valóban újraalakult, és szépen belekötött a pamut szálszerkezetébe, hiszen a vizes mosás nem tudja elmosni a szövet színét. Hagyjátok megszáradni a pamut izéket levegőn. Ha szeretnétek, megtarthatjátok őket, de óvatosan velük, mert azért még fognak! (Amennyiben időtök és kedvetek engedi, az indigóval történő pamutfestéssel szabadon kísérletezhettek, variálhatjátok, hogy a hőmérséklet, a NaOH vagy a nátrium-ditionit mennyisége, a megfestendő anyag bemerítésének ideje és a bemerítések számának milyen hatása van a festendő anyagon megjelenő színmélységre!)

Miközben végzitek a próbatétel gyakorlati részét, a Nagy Viszkonzia fáradhatatlanul bombáz titeket kérdésekkel, hogy meggyőződjön róla, tudjátok is, mit csináltok, és nem csak nagggyyon szerencsésen viselkedtek teljesen véletlenszerűen. A következőket kérdezi:

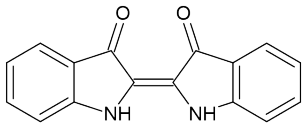
a) Hány százalékos kitermelést értetek el, ha feltételezzük, hogy az izolált indigó száraz?

b) Milyen szín- és hőmérsékletváltozást tapasztaltatok az indigó előállításakor?

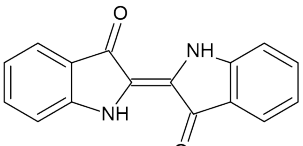
c) Miért fontos, hogy csepegtetéssel adagoljátok a lúgot az indigó kicsapásához? Mi történne, ha egyben adnátok hozzá? (Tipp: ez inkább a feldolgozást könnyítő intézkedés).

d) Írjátok fel a kiindulási anyag 2-nitrobenzaldehid szerkezeti képletét!

e) Itt láthatjátok az indigó szerkezeti képletét. Ha megfigyelitek, tartalmaz egy központi kettős kötést, tehát geometriai izomériával rendelkezik ez a molekula. Az egyik izomer azonban jóval stabilabb, mint a másik. Szerintetek a „cisz" vagy a „transz" indigó stabilabb? Miért? (Az egyszerűség kedvéért nevezzük a „cisz" formának azt, amelynél a két oxocsoport ugyanazon az oldalán van a kettőskötésnek, és "transznak" a másikat.)

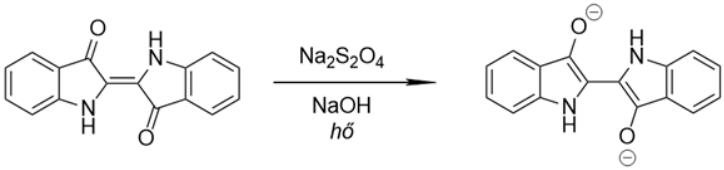


"cisz" indigó



"transz" indigó

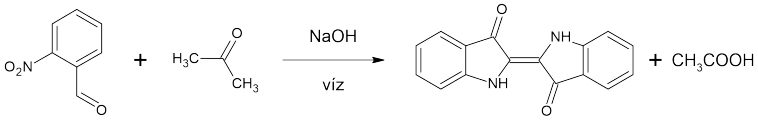
f) A nátrium-ditionit hatására a következő reakció történik az indigóval. A kapott termék miért vízoldhatóbb és miért nem olyan intenzív színű, mint az indigó?



leuko-indigó

g) Milyen folyamat történik az indigóval amikor nátrium-ditionittal melegítitek? Miért nyeri vissza színét légszárításkor?

h) Itt láthatjátok az indigószintézis reakcióegyenletét. Milyen reakciótípussal jön létre az indigó a kiindulási anyagaiból?



i) Jelöld a terméken, hogy melyik szénatomok melyik reagensből származnak! (Pl. az acetonból származó szénatomokat karikázzátok, a nitrobenzaldehidből származókat négyzettel rajzoljátok körbe). Az ecetsav melyik reagens(ek)ből keletkezik?

j) Hogyan készítenétek el a kiindulási 2-nitrobenzaldehidet toluolból, anilinből, benzil-alkoholból, és/vagy tetszőleges úton? (Több lépéses szintéziseket is lehet írni, illetve részletes reakciókörülmények nem szükségesek, de legalább egy reagenst/reakciótípust adjatok meg minden részlépéshez a szintetikus tervetekben! Minél többféle opcióra választ adtok annál elégedettebb lesz veletek a Nagy Viszkonzia!)

k) A benzaldehid közvetlen nitrálása miért nem lenne hatékony szintézis 2-nitrobenzaldehid előállítására?

XIX. Dürer Verseny

L kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Labor megoldókulcs**

1. feladat megoldása

a) Felismerendő:

- 2 mol nitrobenzaldehidből lesz 1 mol indigó
- a nitrobenzaldehid bemért tömegéből kell számítani a termelést

$M_{\text{nitrobenzaldehid}}$= 151 g/mol

$M_{\text{indigó}}$= 262 g/mol

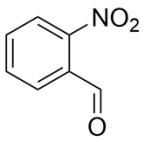
$$m_{\text{indigó elméleti}} = \frac{m_{\text{nitrobenzaldehid}} \cdot M_{\text{indigó}}}{2 \cdot M_{\text{nitrobenzaldehid}}}$$

$$\text{termelés: w(\%)} = \frac{m_{\text{indigó mért}} \cdot 100}{m_{\text{indigó elméleti}}}$$

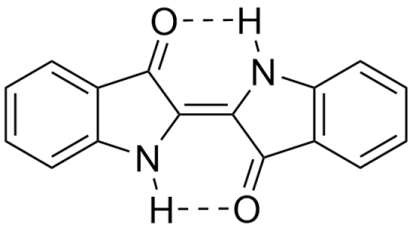
b) Valamilyen variáció: melegedés, színtelen oldat sárgul, majd sötétedik, kék csapadék úszik a folyadékfelszínen.

c) A csapadékként leváló indigó szemcseméretét kontrollálhatjuk így. A lassabb adagolás miatt kisebb a reakciósebesség, nagyobb indigószemcsék nőnek, amik a szűrést könnyítik.

d)



e) Habár a csoportok nem különböznek jelentősen fizikai méretben, a „transz” izomert az oxocsoportok és az imincsoportok hidrogénjei között kialakuló hidrogénkötések stabilizálják.

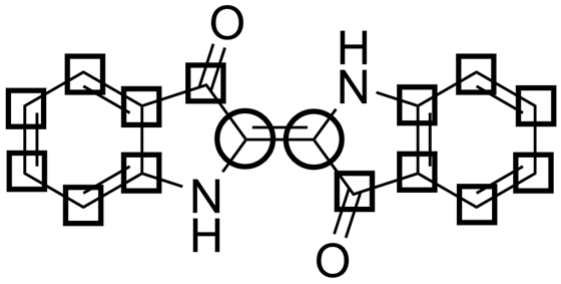


f) A termék ionvegyület, ezért jól oldható poláris vízben. Ebben az állapotban a két gyűrűrendszer közötti konjugáció megszűnik, ezért a molekula fényelnyelési sávja alacsonyabb hullámhossztartományra húzódik, mint a látható tartomány, ezért sokkal kevésbé intenzív színűnek tűnik.

g) Redukáltuk az indigót. A levegő oxigénje hatására a leuko-indigó visszaoxidálódik indigóvá.

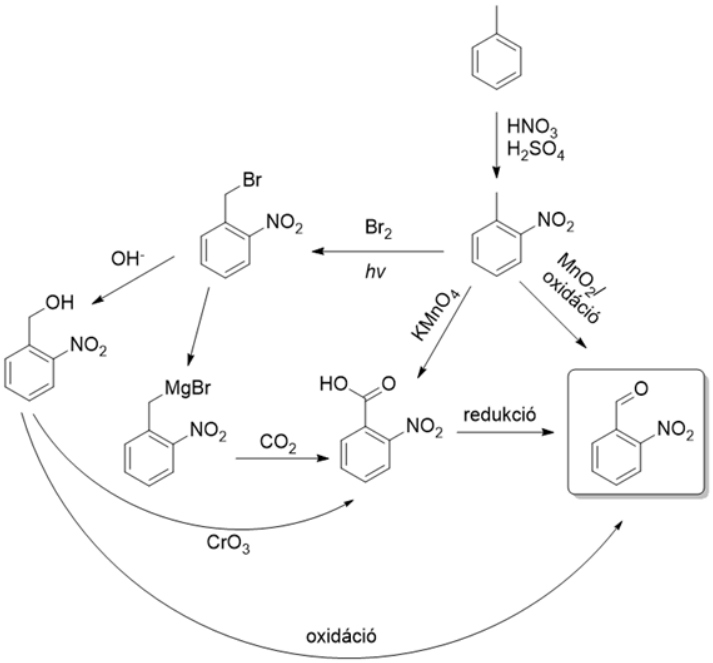
h) Aldol kondenzáció/kondenzáció/gyűrűzárás/valami értelmes leírás.

i) Az ecetsav az aceton maradék szénvázából és a NaOH-ból keletkezik.

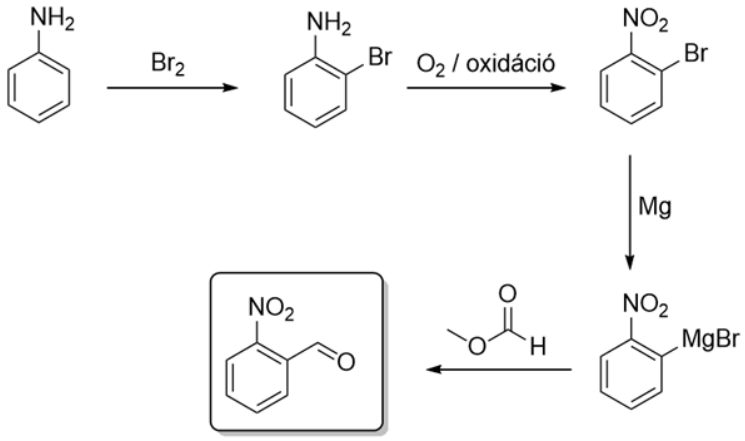


j) Bármilyen realisztikus megoldás pontot ér!

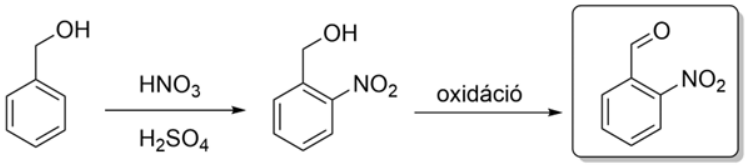
Toluolból példák:



Anilinből példa:



Benzil-alkoholból példa:



k) Mert a karbonilcsoport meta-irányító, az orto-termék csak nagyon kis hányadban keletkezne.

XIX. Dürer Verseny

L kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Labor megoldókulcs**

2. feladat

A Mágusképző Akadémia növendékei közül kevesen jutottak el idáig. Azok állhatnak most itt, akik éveken át bizonyították tudásukat, fegyelmüket és kitartásukat, és akiknek kezében a mágia már nem puszta véletlenek sorozata volt, hanem tudatosan irányított erő.
A mai napon ti, a legjobbak, meghívást kaptatok arra, hogy részt vegyetek az **Utolsó Próbán**, amely évszázadok óta eldönti, ki válhat igazi mágussá.
A kiválasztott tanoncok izgatott morajjal gyülekeznek a Byeital Tanteremben. A terem közepén Mylerin, a híres főboszorkány áll, a vizsga örökös mestere. Már évszázadok óta ő felügyeli az Utolsó Próbát, és byeitalai köré annyi legenda szövődött, hogy külön könyvtárszárnyat lehetne velük megtölteni. A szóbeszéd szerint egyetlen korty főzete képes férfiakat farkassá, esőt arannyá, vagy egy túlságosan beszédes udvari tanácsost kőszoborrá változtatni (– az utóbbi alkotás az Akadémia keleti szárnyában ma is megtekinthető).
Mylerin egy kecses mozdulattal inte, és a terem közepén kiemelkedik egy kristályasztal, rajta egyetlen ezüsttálca. A tálcán fiolák sorakoznak egytől egyig megtöltve Mylerin kedvenc esszenciájával.
– *Tanoncok!* – szólal meg Mylerin, miközben tekintetével végigméri a csapatokat, és kimérten folytatja: *Aki képes pontosan meghatározni a kedvenc BYEital összetételét, az méltó arra, hogy igazi mágussá váljon. Elárulom, hogy a byeital egy instant porból készül, ami ismeretlen arányban kizárólag* ***oxálsavat és*** *(az íze kedvéért)* ***konyhasót*** *tartalmaz.*

Mutassátok meg Mylerinnek, hogy méltóak vagytok mágussá válni! 100 ml desztillált víz hozzáadásával a byeital azonnal elkészíthető. A bemért por tömege: .... gramm (kb. 2 g)

A rendelkezésetekre álló eszközök, vegyszerek az alábbiak:

- Térfogatmérő eszközök: büretta, pipetta, mérőlombik
- Szűrőpapír, tölcsér
- Vegyszerek: NaOH oldat, $CaCl_2$ oldat, H_2SO_4 oldat, $KMnO_4$ oldat, fenolftalein indikátor
- Mérleg

a) Írjatok **három különböző** mérési módszert, amellyel a byeitalpor tömegszázalékos összetétele meghatározható!

b) Végezzétek el az a) részben megtervezett kísérleteket, és határozzátok meg a byeitalpor tömegszázalékos és anyagmennyiség-százalékos összetételét! Spoiler: titrálni kellhet, ekkor minden mérést célszerű (=így csináld) 10 ml byeital felhasználásával elvégezni.

c) Hasonlítsátok össze a három módszerrel meghatározott mennyiségeket! Melyik a legmegbízhatatlanabb módszer? Mi okozhatja itt az eltérést?

d) Írjátok fel az összes lejátszódó reakció rendezett ionegyenletét!

Mylerin a byeitalt elegáns, dizájner *Bye gond, bye bánat, byeital!* ^{TM} palackokban forgalmazza. Igen ám, az Utolsó Próba előtt kavarodás történt: Mylerin kétbalkezes segédje (Zsigi)

byeital helyett a *Fiola degradáló 6000* ^{TM} italt töltötte a palackokba, amik azonnal darabjaikra estek szét. Leleményes Mylerin azonban ebből is próbatételt eszkábált a számotokra: *Ki meghatározza, mely olcsó anyagok keverékéből készíttetem a dizájner palackjaimat, azt nem repítem ki a torony ablakán!*

e) Mivel Ti nem szeretnétek kirepülni az ablakon, határozzátok meg a laborba ügyesen becsempészett puskátok (egy másolatát mi is mellékeljük) segítségével, milyen műanyagokból készült a dizájner palack!

2. feladat megoldása

a) Az oxálsav sav-bázis titrálással és permanganometriával is mérhető. Emellett az oxálsavból kalcium-hirdoxiddal kalcium-oxalát csapadék választható le. A csapadékot lemért tömegű szűrőpapíron szűrve, majd szárítva a csapadék tömegéből az oldatban található oxálsav tömege visszaszámítható. Ismerve a por és az oxálsav tömegét, a porelegy összetétele meghatározható.

c) A csapadék kicsapásos módszerrel mért oxálsav tömege nagy valószínűséggel sokkal nagyobb lesz a titrimetriával meghatározott mennyiségeknél. Ennek elsődleges oka (a mérési pontatlanságokon túl, melyek említéséért nem jár pont) az, hogy a csapadék a mérési feladatra rendelekezésre álló idő alatt nem tud vízmentesre száradni. Más helyes válasz is elfogadható. Helyes válasz továbbá a permanganometria, amely esetében a konyhasóból származó klorid-ion ugyancsak oxdálódik permanganát hatására klór gáz fejlődése mellett (a híg elkészített minták miatt a klór azonnal feloldódik, így nem ártalmas). Ez túlfogyást okoz.

d) Sav-bázis titrálás

$$(\mathrm{COOH})_2 + 2\,\mathrm{OH}^- \longrightarrow (\mathrm{COO})^{2-} + 2\,\mathrm{H_2O}$$

Permanganometriás titrálás

$$5\,(\mathrm{COOH})_2 + 2\,\mathrm{MnO_4}^- + 16\,\mathrm{H}^+ \longrightarrow 5\,\mathrm{CO_2} + 2\,\mathrm{Mn}^{2+} + 8\,\mathrm{H_2O}$$

Csapadékképzés:

$$\mathrm{Ca}^{2+} + (\mathrm{COO})_2{}^{2-} \longrightarrow \mathrm{Ca(COO)_2}$$

3. feladat

Kübelschöpfer látván Liminasius sikereit elkezdett forrongni dühében, ezért úgy döntött, hogy minden Liminasius birtokában álló savoldatot semlegesít, ezzel is megnehezítve kutatását. A semlegesítések során észrevette, hogy rendre az összes edény felmelegedett.

a) Milyen általános reakció felelős a közömbösítési hőért?

Észrevette, hogy az erős savak azonos koncentrációknál nagyon hasonló mértékben melegedtek fel, míg a gyenge savak ettől és egymástól is eltérően.

b) Melyik folyamat vezethet ehhez az eltéréshez?

Felkeltette Kübelschöpfer érdeklődését ez a megállapítás, így kitalálta, hogy kiméri mennyi a fenolnál az ebből a folyamatból származó reakcióhő. Ehhez először megmérte egy erős sav és erős bázis közömbösítéséhez tartozó hőt, majd a fenol és ugyan ezen erős bázis közömbösítésekor keletkező hőt. Tudta, hogy a Hess-tétel értelmében a két közömbösítési hő különbsége (közelítéseket alkalmazva és egyéb hőveszteségeket elhanyagolva) megadja a **b) folyamathoz** tartozó reakcióhőt.
Kübelschöpfer a mérést a következőképpen végezte. Az általa talált sósav és ecetsav oldatokat 2,0 mol/dm^3-re hígította, majd bemért annyi nátrium-hidroxidot, hogy 2,0 mol/dm^3-es oldatot kapjon. Ezután vett egy hőszigetelt főzőpoharat, melybe bemért 50 ml 2,0 mol/dm^3-es sósavat és egy másik főzőpohárba 50 ml 2,0 mol/dm^3-es nátrium-hidroxid mért ki. Külön-külön megmérte a két oldat hőmérsékletét, majd a hőmérőt a savat tartalmazó szigetelt pohárba helyezte. A savhoz öntötte a lúgot, miközben másodpercenként jegyezte a hőmérsékletet. Amint a hőmérséklet változása alábbhagyott felvett néhány pontot nagyobb időintervallumonként majd befejezte a mérést. Ezt elvégezte háromszor. Ezt követően megismételte a kísérletet, csak ezúttal sósav helyett fenollal dolgozott, a térfogatok és koncentrációk megegyeztek.

c) Vegyétek fel milliméterpapíron a mérési eredményeket!

A felvett pontokra két egyenest illesztett vonalzó segítségével, az egyiket a kezdeti meredek szakaszra, a másikat pedig az ellaposodó szakaszra. A két egyenes metszéspontját vette a közömbösítéshez tartozó hőmérsékletnek. Kezdeti hőmérsékletnek a két oldat hőmérsékletének átlagát vette. Tudja, hogy egy reakció során felszabaduló hőmennyiség $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ összefüggés alapján adódik, ahol m a tömeg, c a fajhő és ΔT a hőmérséklet változás. Az oldatok esetén $\rho = 1,01$ g/cm^3 sűrűséggel számolt és a víz fajhőjével dolgozott, amely $c = 4{,}18 \ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

d) Mennyi az ecetsav **b) pontban** megjelölt folyamathoz tartozó reakcióhője?

e) További méréseket végzett, ahol ugyanezen két sav azonos pH értékű oldatait közömbösítette, a gyengébb vagy erősebb sav esetén fejlődött több hő?

Később eredményeivel Liminasiusnak dicsekedett, aki kinevette, mondván, hogy fölösleges ennyi mérést csinálni, ezt a reakcióhőt közvetlen módon is meg lehet határozni.

f) Kinek volt igaza és miért?

3. feladat megoldása

a) $OH^- + H_3O^+ \longrightarrow 2\,H_2O$

b) Disszociációs hő

c) Mérési pontok felvétele néhány másodpercenként

Mérési pontok HCl esetén: 28,4; 34,1; 40,6; 41,3; 42,0; 42,1; 42,0; 42,1; 42,0; 42,0, 41,8; 41,8

Mérési pontok ecet esetén: 24,2; 28,5; 37,8; 38,4; 38,8; 39,0; 38,8; 39,0; 39,0; 39,0; 39,0; 38,8

d) $\Delta T_1 = 42,0 - 29,8 = 12,2$

$\Delta T_2 = 38,8 - 26,8 = 12,0$

$\Delta T_1 - \Delta T_2 = 0,2\ ^\circ\mathrm{C}$

$\mathrm{m} = 101\ \mathrm{g}$

$Q = 101 \cdot 10^{-3} \cdot 4,18 \cdot 0,2 = 0,084\ \mathrm{kJ}$

$\Delta H = 0,084\,\mathrm{kJ}/0,1\,\mathrm{mol} = 0{,}84\ \mathrm{kJ/mol}$

e) A közömbösítési hő nagyságrenddel nagyobb, mint a disszociációs hő, így a fejlődő hőt ez befolyásolja főképp. Mivel gyengébb sav nagyobb koncentrációban van jelen ugyan azon a pH-n ezért itt nagyobb hő fejlődik.

f) Kübelschöpfernek, mivel az ionok disszociációja más folyamatokkal összeköttetésben áll, mint hidratáció, oldódás,

Hosztafi Sándor
hosztafi.sandor@semmelweis.hu

Grignard doktori dolgozata: előzetes a Nobel-díjhoz

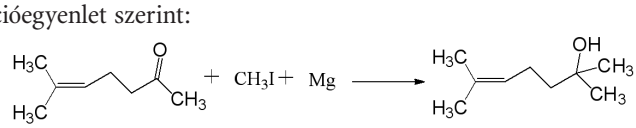
A Nobel-díjat 1912-ben francia kutatók, Victor Grignard és Paul Sabatier kapták megosztva. Grignard 1901-ben védte meg doktori értekezését, melyben két év eredményeit foglalta össze, és a dolgozat jelentős mértékben hozzájárult a szintetikus szerves kémia fejlődéséhez. A Nobel-díjat gyakorlatilag a doktori dolgozat eredményei alapján ítélték Grignard-nak. [1–3]

Victor Grignard

Paul Sabatier

Victor Grignard 1871-ben született Cherbourg-ban, iskoláit Cherbourg-ban és Clunyben végezte, majd a Lyoni Egyetemen kapott ösztöndíjat, ahol matematikatanárként (License ès Sciences Mathématiques) végzett 1894-ben. Mivel nem tervezte, hogy matematikát tanítson, egy barátja javaslatára az egyetem fiatal szerves kémikusának az előadásait kezdte hallgatni, Louis Bouveault-ét, aki később az általa kidolgozott redukciós eljárás (Bouveault–Blanc-redukció) révén vált ismertté. Korábban Grignard a kémiát túlságosan empirikus és nem jelentős tudománynak tartotta, melyhez szükséges a jó memória, de az előadások hatására megváltozott a véleménye, és 1894 decemberében asszisztensi állást kapott Philippe Barbier professzor laboratóriumában.

Barbier [4] 1899-ben a Zajcev-reakcióval kísérelt meg tercier alkoholokat előállítani, ketonokból és szerves cinkvegyületekből, de ez a módszer csak korlátozottan volt használható, ezért Barbier a cinket a sokkal reakcióképesebb magnéziummal helyettesítette. Metil-heptén-ketont oldott éterben, és az oldathoz magnéziumforgácsot adott. Metil-jodid fokozatos adagolásakor heves reakciót tapasztalt, amit hűtéssel mérsékelt. A feldolgozás után (jég és híg sav) valóban a várt tercier alkoholt izolálta az alábbi reakcióegyenlet szerint:



A módszert nem sikerült általánosítani, mivel a reakciót nem tudták megbízhatóan kivitelezni, sokszor nem működött, és a hozamok sem voltak kielégítőek. Grignard beosztása ekkor a kísérleti munka „előkészítője” (préparateur) volt. Miután Grignard a laboratórium vezetője lett, Barbier megbízta a reakció felülvizsgálatával, de Grignard hamarosan holtpontra jutott, mivel a reakció megbízhatatlannak bizonyult és a hozamon nem lehetett javítani. Ugyanakkor Barbier szintén ennek a reakciónak a tanulmányozását jelölte ki Grignard számára a doktori dolgozat témájául. Grignard ekkor felvetette a professzornak, hogy megpróbálja először az alkil-magnézium-jodidot előállítani és ezt reagáltatja a ketonnal. Barbier nem támogatta az ötletet, és felszólította az ifjú kutatót, hogy ne foglalkozzon többé a fenti reakcióval; a továbbiakban kettős és hármas kötéssel rendelkező szénhidrogének szintézisét javasolta.

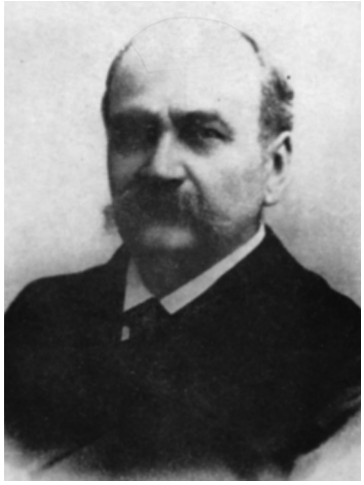
Grignard-nak tudomása volt Frankland és Wanklyn kísérleteiről, akik a cink-dialkil-vegyületeket éterben állították elő cinkforgács és alkil-jodid reakciójában, de a komponenseket zárt csőben melegítették. Grignard a metil-jodid és az izobutil-bromid reakcióját magnéziummal vízmentes éterben vizsgálta. [5] Az első kísérletek nem voltak sikeresek, mivel az éteres oldatot forralta, és a reakció nem volt kontrollálható. Hamarosan kiderült, hogy az alkil-halogenidek és a magnézium reakciója szobahőmérsékleten is beindul, és a heves reakciót hűtéssel lehet mérsékelni. A magnézium az alkil-halogeniddel történő reakcióban az éterben feloldódott, és szén-magnézium kötés jött létre. Grignard a kapott vegyületre R-MgX képletet feltételezett. Az izobutil-bromid oldószer nélkül is reagált magnéziumforgáccsal, de vízmentes éterben a reakció gyorsan végbement. Grignard az 1900-ban megjelent közleményben hivatkozik Barbier cikkére, vagyis a cink helyett a magnéziumot használt a Zajcev-reakcióban. Grignard a Barbier-reakcióra alapozva rámutatott, hogy a metil-magnézium-jodid reagenssel aldehidekből szekunder alkoholok, míg ketonokból tercier alkoholok nyerhetők. Néhány reakciót felsorolt példaként: benzaldehid és izobutil-magnézium-bromid reakciója szekunder alkoholt eredményezett, míg acetofenon és metil-magnézium-jodid, illetve benzil-magnézium-bromid és aceton reakciójában tercier alkoholokat állított elő.

Szerves magnéziumvegyületek előállítására már Barbier közleménye előtt is folytak kísérletek, elsősorban Lothar Meyer kutatócsoportja (Tübingeni Egyetem) ért el jelentős eredményeket. [1,2] Ők alkil-jodidokat melegítettek zárt csőben magnéziumforgáccsal, és így nyerték például a dimetil-magnéziumot, a dietil-magnéziumot. Dialkil-higanyt magnéziumforgáccsal melegítve zárt, evakuált csőben szintén dialkil-magnézium-vegyületek képződtek. Utóbbi módszerrel preparálták a difenil-magnéziumot. A dietil-magnézium vízzel reagálva etánt és magnézium-hidroxidot eredményezett. Ugyanakkor ezek a szerves magnéziumvegyüle-

tek levegővel érintkezve spontán meggyulladtak, és ezért a kutatók úgy gondolták, hogy ezek a vegyületek nem alkalmas reagensek a szerves szintézisekben.

Grignard az első sikeres kísérletei után felkereste H. Moissan és P. E. M. Berthelot professzorokat (mindketten a Francia Tudományos Akadémia tagjai) Párizsban, és a tanácsukat kérte, mivel felfedezésének prioritását meg akarta védeni. Moissan és Berthelot a szabadalmaztatást nem javasolták, hanem azt tanácsolták Grignard-nak, hogy az általa fontosnak tartott reakciókat valósítsa meg, és az eredményeit gyorsan publikálja. Grignard 1900-ban és 1901-ben hét közleményt publikált a Grignard-reagens alkalmazásáról, néhány dolgozatban Louis Le Tissier (később szenátor a Nemzetgyűlésben) volt a szerzőtársa. A dolgozatok a *Comptes Rendus* folyóiratban (a Francia Tudományos Akadémia tudományos folyóirata) jelentek meg, és az akkori szokásoknak megfelelően az eredményeket egy kémikus akadémikus mutatta be. Grignard ez esetben Moissan professzor támogatását élvezte, mivel valamennyi dolgozatát Moissan mutatta be. Mai szemmel ezeket a dolgozatokat az előzetes közlemények közé sorolnánk be, mivel két- vagy háromoldalas cikkekről van szó, részletes kísérleti leírásokat nem tartalmaznak. Abból, hogy Grignard Moissan támogatását kérte és Barbier professzort megkerülve végezte vizsgálatait, a későbbiek során felmerült a kérdés: miért nem szerepelt Barbier ezekben a közleményekben, hiszen Philippe Barbier volt az, aki a doktori munka témáját kijelölte mint témavezető, és Grignard a kísérleteit Barbier laboratóriumában végezte. A kérdést utólag nehéz megválaszolni, talán Barbier személyiségének az ismerete ad némi információt. Barbier jó előadó és briliáns kémikus volt, aki állandóan új ötletekkel állt elő, és ha egy általa kigondolt reakció nem a várt irányban és módon játszódott le, akkor nekilátott egy újabb projektnek, és az előzővel nem foglalkozott tovább. Grignard doktori védésén Barbier volt a doktori bizottság elnöke, aki egyáltalán nem mutatta, hogy neheztelne amiatt, hogy Grignard nélküle publikálta eredményeit.

1901-ben Grignard két közleményt [6,7] jelentetett meg egyedüli szerzőként. Az izobutil-magnézium-bromid és a metil-magnézium-jodid mellett etil-bromidból is előállította az etil-magnézium bromidot. Vizsgálta mindhárom reagens reakcióit etil-formiáttal, és szekunder alkoholokat kapott. A metil-magnézium-jodid és metil-acetát reakciójában tercier butil-alkoholt preparált, amelyet Butlerov írt le először, ez volt az első szintetikus tercier alkohol. A metil-jodid és a magnézium reakciójában keletkező termékre Grignard már az első közleményében CH_3MgI képletet feltételezett. Kizárta a dimetil-magnézium-szerkezetet, mivel az aldehidekkel történő reakcióban csak szekunder alkohol képződik, míg dimetil-magnézium-szerkezet esetén a szekunder alkohol mellett metán is képződne mint társtermék. Grignard nem tudta kimutatni a metán keletkezését, ezért metil-magnézium-jodid-szerkezetet feltételezett, amely dietil-éterrel addíciós vegyületet képez.



Philippe Barbier

Tissier és Grignard [8] alkil-magnézium-bromiddal savkloridok és savanhidridek reakcióiban tercier alkoholok képződését tapasztalta. Az RMgBr + ROH reakcióban R-H szénhidrogén keletkezését figyelték meg, a társtermék ROMgBr magnézium-alkoholát-bromid só. Etilén-dibromid és magnézium reakciójában nem sikerült preparálni a bifunkciós reagenst, etiléngáz fejlődését tapasztalták [9]. Sikerült előállítani aril-bromidokból is az aril-magnézium-bromidokat. A brómbenzolból kapott fenil-magnézium-bromid metil-benzoáttal trifenil-karbinol (tritil-alkohol) állítható elő, míg acetonnal dimetil-fenil-karbinol képződik. [10]

Grignard és Tissier [11] hidroximetil-csoport beépítésére dolgozott ki új módszert a Grignard-reagens alkalmazásával: alkil(aril)-magézium-bromidok és 1,3,5-trioxán (formaldehid trimer) reakciójában etil-magnézium-bromidból propil-alkohol, fenil-magnézium-bromidból benzil-alkohol, míg 1-naftil-magnézium-bromidból 1-hidroximetil-naftalin állítható elő.

Az 1901-ben megjelent közleményekre alapozva Grignard benyújtotta a doktori dolgozatát. Moissan ugyan kérlelte, hogy dolgozatát Párizsban mutassa be és védje meg, de Grignard ragaszkodott a Lyoni Egyetemhez, ahol a felfedezéseit tette. A tézisekben felsorolt 29 új vegyületet, melyeket az általa felfedezett reagenssel preparált. Ezek jórészt szekunder vagy tercier alkoholok voltak, valamint alkil-magnézium-halogenidek. A tézisben beszámolt a karbonsavak új előállításáról is: alkil-magnézium-bromidok éteres oldatába szén-dioxid bevezetésekor a megfelelő alifás karbonsavak keletkeznek. Grignard 1901 júliusában [12] védte meg doktori értekezését a Lyoni Egyetemen. A doktori bizottság elnöke Philippe Barbier professzor volt, másik két tagja a fizikai kémikus Leo Vignon és a fizikus Georges L. Gouy. A bizottság a doktori értekezést „Mention très honorable" (kimagasló) értékeléssel fogadta el. Grinard doktori értekezésének egy rövidített változata megjelent az *Ann. Chim. et Phys.* folyóiratban még 1901-ben.

A doktori értekezés fontosabb következtetései: Alkil-bromidok vagy alkil-jodidok (RX) könnyen reagálnak magnéziummal vízmentes éter oldószerben, a képződő szerves magnéziumvegyület szerkezete RMgX általános képlettel írható le. A szerves magnéziumvegyületek jól oldódnak éterben, és ebben az oldatban kivitelezhetők a további reakciók. A szerves magnéziumvegyületek helyettesíthetik a szerves cinkvegyületeket, és reagensként előnyösebb az alkalmazásuk. Az RMgX általános képletű vegyületek víz hatására elbomlanak, a reakcióban R–H szénhidrogének keletkeznek. A szerves magnéziumvegyületek reakcióba lépnek száraz szén-dioxiddal, majd hidrolízis után alifás vagy aromás karbonsavak keletkeznek. A szerves magnéziumvegyületek előnyösen használtatók szimmetrikus szekunder vagy tercier alkoholok szintézisére.

Grignard fundamentális felfedezésének jelentőségét Franciaországban is felismerték és értékelték. 1901-ben kitüntették, és elnyerte a Francia Tudományos Akadémia Cahours-díját és a Berthelot-érmet. Grignard neve és felfedezése hamarosan az egész világon. ismert lett a kémikusok között A Grignard-reagens alkalmazásával nagyszámú új vegyületet tudtak előállítani. A fémorganikus vegyületek vizsgálatakor E. Blaise 1902-ben az alkil-magnézium-halogenidek szerkezetére éteres oldatban oxónium-szerkezetet javasolt, az etilén-oxid alkil-magnézium-bromidok reakcióját tanulmányozva [13]. Blaise a reakcióban etilén-brómhidrint (β-bróm-etanol) izolált, és ebből következtetett az oxónium típusú szerkezetre. Grignard is megvizsgálta az etilén-oxid reakcióját alkil- és aril-magnézium-bromidokkal, és fenil-magnézium-bromid esetén β-fenil-etanolt izolált főtermékként. Grignard

egészen más szerkezetet javasolt az alkil-magnézium-bromid–dietil-éter komplexre. [14]

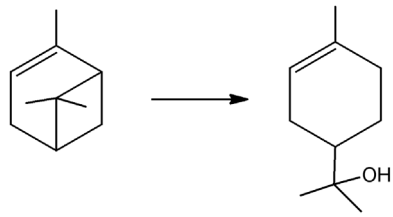
Grignard (1903) Blaise (1902)

Az alkil-magnézium-halogenid–dietil-éter komplex szerkezete

A Grignard-reagens sokoldalú alkalmazhatóságát példázzák E. E. Blaise vizsgálatai is a Nancy Egyetemen. [15] Blaise alkil-magnézium-bromid és alkil-cianidok (nitrilek) reakciójában ketonokat állított elő, és rámutatott, hogy az alkil-magnézium-bromid, R'MgBr reagálhat egy nitrillel, R–CN, majd az addíciós köztitermék hidrolízise nem szimmetrikus ketont (R–CO–R') eredményez. Blaise kísérleti példát nem közölt. Érdekes, hogy 1901-ben a nitril képletében a nitrogén vegyjelére „Az" jelölést használt (franciául a nitrogén neve azote).

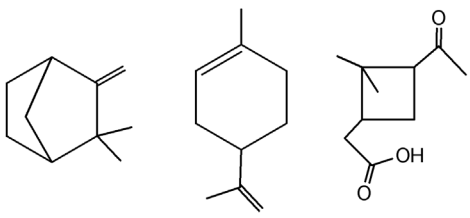
1905 végén a Grignard-reagenssel kapcsolatos publikációk száma 200 volt, míg 1908-ban további 332-vel nőtt ez a szám. 1912-ben több mint 700 közlemény jelent meg, melyekben alkalmazták a reagenst. Furcsának tűnik, hogy a Grignard által felfedezett reagenst szülőhazájában „organomagnésien"-nek nevezik, míg külföldön Grignard-reagensként ismert, illetve a reakció neve Grignard-reakció.

Grignard a doktori fokozat megszerzése után tovább folytatta kutatásait a szerves magnéziumvegyületek körében, majd 1907-től Barbier professzorral együttműködve a terpénvázas vegyületek kémiáját vizsgálta. [1] A tanár-tanítvány jó kapcsolatot jelzi, hogy a *Comptes Rendus* és *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratokban 11 közös publikációt jelentetettek meg. Grignard a terpénvázas vegyületek szerkezetvizsgálata során is gyakran alkalmazta a Grignard-reagenst. Ekkor már az α-pinén szerkezete ismert volt, korábban Barbier is beszámolt néhány új származékról. Barbier és Grignard a vegyület új átalakítását közölte, az α-pinént ecetsavban benzolszulfonsavval melegítve α-terpinol képződött. (Az α-terpinol fontos alapanyag az illatszeriparban.)



alfa-pinén alfa-terpinol

A pinén izolálása során Grignard négy további terpénvázas vegyületet izolált: kampfént, l-limonént, dl-limonént és terpinolént. Grignard a Barbier által 1883-ban előállított pinén-hidrokloridot magnéziummal reagáltatta, majd az α-pinén–magnéziumvegyület bomlásakor alkoholok keverékét kapta, a borneolt és fenchil-alkoholt. Barbier és Grignard az α-pinén kálium-permanganátos oxidációjával d- és l-pinonsavat preparált, a pinonsav triszubsz-



kampfén limogén pinonsav

tituált ciklobután-származék. A pinonsavat vizes oldatban brómozva, majd 200 °C-on melegítve érdekes átrendeződési reakciót tapasztaltak: aromás gyűrű kialakulásával meta-xilol-4-ecetsav képződött.

Mivel a Nancy Egyetemről Blaise professzor 1909-ben Párizsba került és a Sorbonne Egyetemen lett tanszékvezető, a francia oktatási minisztérium felkérte Grignard-t, hogy vegye át Blaise előadásait és laboratóriumi kurzusait. Grignard elfogadta a felkérést, és 1910-ben kinevezték egyetemi tanárnak és a Szerves Kémiai Tanszék professzora lett. A tanszék felszereltségét megfelelőnek tartotta, így a kutatócsoporttal tudta folytatni a Lyonban elkezdett munkát.

Barbier 1910-ben publikált egy rövid levelet a *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratban [16], melyben felhívja a figyelmet arra a helytelen tendenciára, hogy a kémiai szakirodalomban a szerves magnéziumvegyületek alkalmazását a szerves szintézisekben kizárólag Grignard-nak tulajdonítják. Szerinte ez téves információ, mivel Barbier volt az első, aki szerves magnéziumvegyületet használt a dimetilhepténol szintézise során. Ezen bevezetés után Barbier megismételte a *Comptes Rendus* folyóiratban megjelent közlemény teljes szövegét. Hozzátette, hogy ezzel a módszerrel előállította a citronellalból a metilezett szekunder alkoholt. Ezeket az eredményeket azonban nem közölte, mivel a reakció felülvizsgálatával és általánosításával megbízta Grignard-t, vizsgálja meg, előnyös-e helyettesíteni a Zajcev-reakcióban a cinket magnéziummal. Barbier rámutatott, hogy a kérdéses reakciótípus megtalálható Grignard kiváló doktori értekezésében. Kétségtelen, hogy a reakció sikeres volta Grignard munkájának köszönhető, de Barbier úgy vélte, hogy a témát ő javasolta, és az ő érdemei sem vitathatók, ezért joga van magát olyan (társ)szerzőnek tekinteni, aki megalapozta a reakciót. A levél tartalma alapján arra lehet gondolni, hogy Barbier ezzel a dolgozattal támadta Grignard-t, aki önző módon kihagyta Barbier nevét az új reakció leírásakor. Grignard válaszul szintén publikált egy rövid levelet ugyanebben a folyóiratban szintén 1910-ben. Grignard valamennyi közleményében mindig kiemelte Barbier dimetilhepténol-szintézisét, Barbier ötletét a Zajcev-reakció módosítására.

1912 novemberében Grignard Paul Sabatier professzorral megosztva megkapta a kémiai Nobel-díjat. Ez volt a harmadik kémiai Nobel-díj H. Moissan (1906) és M. Curie (1911) díja után, melyet francia kémikusok kaptak. Grignard a Nobel-díj átadó ünnepségen tartott előadásában is hangsúlyozta Barbier professzor eredményeit, mivel a felfedezése ezen eredményekre épült. 1912 decemberében a *Salut Public* újságban megjelent egy rövid cikk „L'oeuvre d'un savant" (Egy tudós munkája) címmel. Az írás ismertette Victor Grignard felfedezését és Nobel-díját, amely egyben a francia szerves kémia eredményeinek az elismerése volt. A cikk kiemelte, hogy Grignard a Lyoni Egyetemen Barbier professzor irányításával folytatta kutatásait, valamint Barbier volt a doktori munka témavezetője is. Barbier reagált az újságcikkre egy levélben, melyben elismerte és méltatta tanítványa eredményeit, de idézte a *Comptes Rendus*-ben 1899-ben megjelent cikkét, és kifejtette, hogy Grignard felfedezése az általa kidolgozott szintézisen alapul. A professzor és tanítvány viszonyát a fent említett prioritási viták nem befolyásolták, amit az is bizonyít, hogy 1914-ben a terpének vizsgálatáról közös dolgozatuk jelent meg a *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratban. 1919-ben, nyugdíjba vonulásakor Barbier Grignard-t javasolta intézetvezetőnek.

A Nancy Egyetemen Grignard és Courtot munkatársa jelentős eredményeket értek az indén új származékainak szintézisében. Mivel az indén C-1 hidrogénje fémnátriummal helyettesíthető,

Grignard feltételezte, hogy az indén reakcióképes hidrogénje reakcióba lép az alkil-magnézium-bromiddal. A megfelelő szénhidrogén képződése mellett az indént tudták szubsztituálni a reagenssel, és az éterben oldhatatlan indenil-magnézium-bromid képződött. Utóbbi vegyületből szén-dioxiddal az indenil-1-karbonsav, hidrolízissel 1-indenol keletkezett. Az indén mellett hasonló reakciót figyeltek meg ciklopentadién és RMgBr, valamint fluorén és RMgBr reakcióiban.

Az I. világháború kitörése után a tudományos kutatók a hadiipar szükségleteinek igyekeztek eleget tenni. [1] Grignard egy évet a Nancy Egyetemen toluol előállításával foglakozott, Friedel–Crafts reakciót alkalmazva. Ekkor a francia vegyipar nem tudott elegendő toluolt termelni, és újabb fejlesztésekre volt szükség, mivel a toluolból trinitro-toluol robbanóanyagot állítottak elő. Ezután Grignard-t Párizsba rendelték, és a Sorbonne Egyetemen harci gázok szintézisét vizsgálta. Grignard egy ma is használható laboratóriumi módszert dolgozott ki a foszgén előállítására: szén-tetraklorid és óleum reakciójában foszgén és klórszulfonsav képződik, és ez a reakció lehetővé tette a foszgén ipari léptékű előállítását. (1920-ban Grignard és Urbain publikálta az eljárás részletes leírását a *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratban.) Később az eljárást módosították: a kénsav és a szén-tetraklorid 80 °C-on képes reagálni kovaföld katalizátor alkalmazásával, a reakcióban foszgén, sósavgáz és piroszulfuril-klorid ($S_2O_5Cl_2$ a pirokénsav dikloridja) képződik. A szén-tetraklorid és az óleum reakciójában melléktermékként képződő több tonna klórszufonsavat is felhasználták: etilénnel történő addíciós reakcióban béta-klóretanol szulfátészter keletkezett, amely könnyeztető hatású, a hidrolízissel nyerhető béta-klóretanol viszont alapanyag a mustárgáz szintéziséhez. Grignard a mustárgáz kimutatására kidolgozott egy érzékeny analitikai módszert: a mustárgáz és a nátrium-jodid reakciójában szubsztitúcióval a 2,2'-dijód vegyület keletkezik, amely azonnal kristályosan kiválik. A módszer 1 cm^3 levegőben 0,01g mustárgázt is ki tud mutatni. Az I. világháború éveiben Grignard vizsgálta a klórszénsav-metilészter és a metil-formiát klórozási reakcióit. A klórszénsavból és metilészterből keletkező klórszénsav-triklórmetilészter vagy difoszgén a foszgén prekurzorának tekinthető, mivel csontszén jelenlétében melegítve két molekula foszgénre bomlik.

1919-ben Barbier professzor nyugdíjba ment, Grignard megpályázta az egyetemi tanári állást, és visszatért Lyonba. Kinevezték a Kémiai Intézet igazgatójának, mely pozíciót 1935 decemberéig betöltötte. Itt folytatta a fémorganikus vegyületek reakcióinak tanulmányozását. Az alkil-magnézium-halogenidek és a ketonok vagy aldehidek reakcióiban olyan melléktermékeket izolált (α,β-telítetlen ketonok), melyek a ketonok autokondenzációs reakcióiban keletkeztek. Grignard kiderítette, hogy a képződő magnézium-alkoholátok katalizálják az autokondenzációt. Az alkil-magnézium-halogenidek és aldehidek reakciójában felfedezte, hogy a Grignard-reagens redukáló hatással is rendelkezhet. A Grignard-reagens további alkalmazása az alkinek szintézise. A propin $CH_3–C_2H$ és alkil-magnézium-halogenid reakciójában az aktív hidrogén helyettesíthető, és CH_3C_2MgX képződik, melyből jóddal diacetilén-származék nyerhető. Grignard jelentős eredményeket ért el a katalitikus hidrogénezések vizsgálatakor is, mivel a hidrogénezési reakciókat csökkentett nyomáson hajtotta végre. Benzaldehidet sikerült benzilalkohollá redukálni jó hozamokkal 150 °C-on és 100 Hgmm nyomáson. Nikkelkatalizátor alkalmazásával fenolt tetrahidrofenollá hidrogénezett, amely a ciklohexanon enol formája. Platina-oxid katalizátort használva benzoil-kloridot redukált benzaldehiddé 200 °C-on és 140 Hgmm nyomáson. Lyonban kezdett hozzá egy részletes, többkötetes szerves kémiai kézikönyv írásához, *Traité de chimie organique* címmel, melyből életében két kötet megjelent, további két kötet pedig csak a halála után.

Grignard-t a Francia Tudományos Akadémia 1926-ban a tagjai közé választotta, de számos külföldi akadémia is tiszteletbeli taggá választotta. Ugyancsak számos külhoni kémiai társaságnak volt a tiszteletbeli tagja. 1935 decemberében hunyt el teljesen váratlanul, gyors lefolyású betegség következtében. [17]

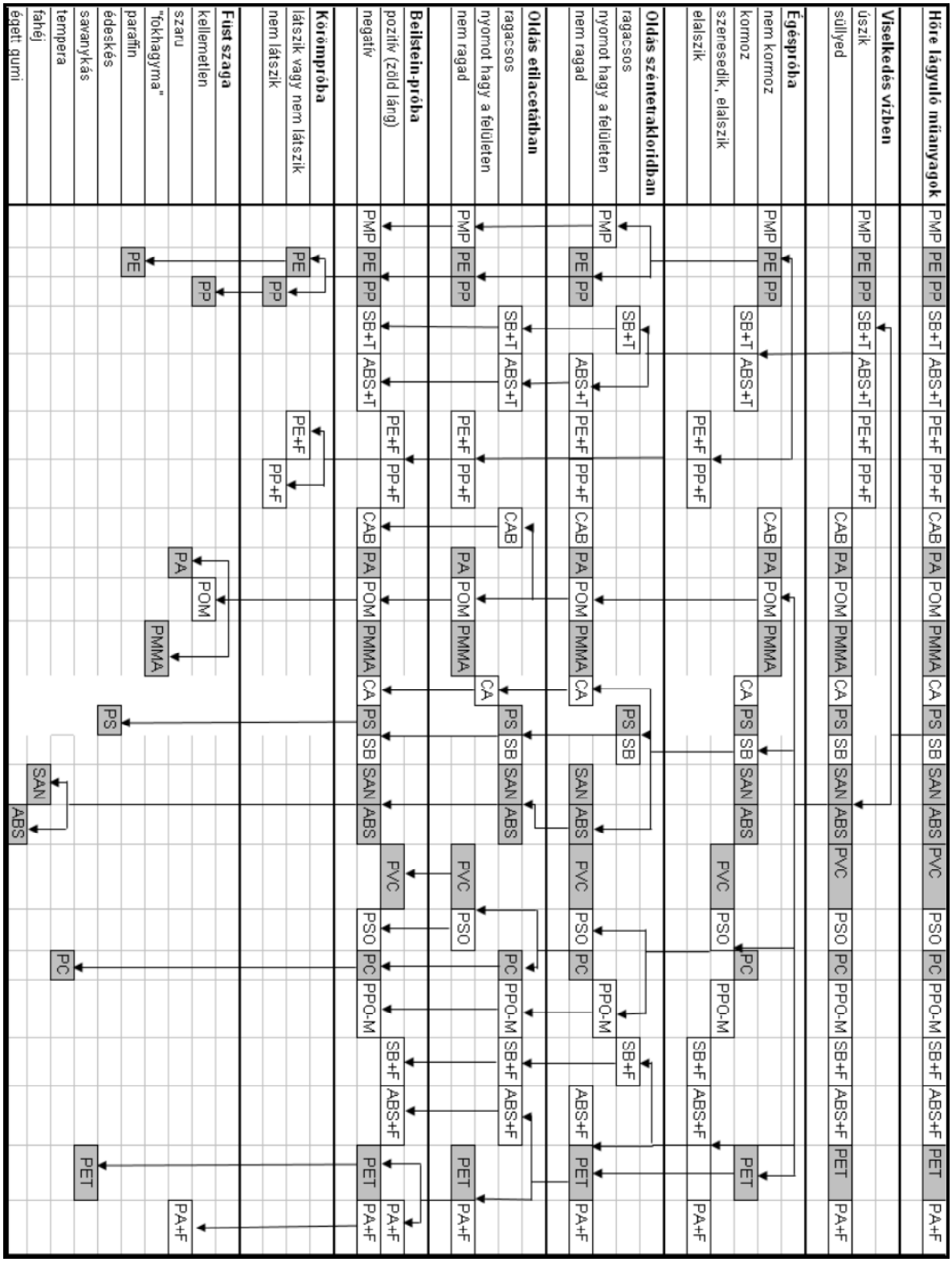
IRODALOM
[1] C. S. Gibson, W. J. Pope: Victor Grignard. (Obituary) J. Chem. Soc. (1936) 171–179.
[2] H. Rheinboldt: Fifty years of the Grignard reaction. J. Chem. Educ. (1950) 28, 476–488.
[3] H. B. Kagan: Victor Grignard and Paul Sabatier: Two showcase laureates of the Nobel Prize for chemistry. Angew. Chem. Int. Ed. (2012,) 51, 7376–7382.
[4] P. Barbier: Comptes Rendus (1899) 128, 110–111.
[5] V. Grignard: C. R. (1900) 130, 1322–1324.
[6] V. Grignard: C. R. (1901) 132, 336–338.
[7] V. Grignard: C. R. (1901) 132, 558–561.
[8] L. Tissier, V. Grignard: C. R. (1901) 132, 683.
[9] L. Tissier, V. Grignard: C. R. (1901) 132, 835.
[10] L. Tissier, V. Grignard: C. R. (1901) 132, 1182.
[11] V. Grignard, L. Tissier: C. R. (1902) 134, 107.
[12] V. Grignard: Ann. Chim. Phys. (1901) 7/24, 433–490.
[13] E. Blaise: C. R. (1902) 134, 551.
[14] V. Grignard: C. R. (1903) 136, 1260.
[15] E. Blaise: C. R. (1901) 132, 38–41.
[16] T. Urbanski: Barbier-Grignard: explosive reaction. Chemistry in Britain (1976) 12, 191–192.
[17] Grignard publikációs listája és életrajza: C. Courtot: Notice sur la vie et les travaux de Victor Grignard. Bull. Soc. Chim. Fr. (1936) 5, 1433–1472.

Mesterséges intelligencia térképezi fel a városok energiaéhségét

Műholdas adatok és mesterséges intelligencia házasságából született a Paulinyi & Partners új innovációja, az Urban Energy Scan, amely városrészek teljes energiafelhasználásának feltérképezésére és szimulációjára képes.

A fejlesztés bekerült az Európai Unió SPACE4Cities programjának 20 legígéretesebb városfejlesztési projektje közé, és hamarosan európai nagyvárosok energiahatékonysági döntéseit támogathatja. A Fraunhofer Integrált Áramköri Intézettel közösen fejlesztett platform MI-alapú képfelismerő algoritmusokkal elemzi a műholdfelvételeket, majd előre jelzi az egyes épületek és városrészek energiaigényét. Az MI alkalmazása nemcsak felgyorsítja az elemzést, hanem a hagyományos módszereknél jóval részletesebb és pontosabb képet ad az energiahatékonysági lehetőségekről. Sőt, a szakemberek egy-egy fejlesztés potenciális hatását is megnézhetik – nemcsak egy-egy épület, hanem akár kerületek szintjén is. *(via muszaki-magazin.hu)*

1. ábra *Gyorsmódszer hőre lágyuló műanyagok minőségének meghatározására*



A szakirodalomban használatos rövidítések

ABS	akrilnitril-butadién-sztirol kopolimer
ABS+F	akrilnitril-butadién-sztirol kopolimer lángálló adalékkal
ABS+T	ütésálló akrilnitril-butadién-sztirol kopolimer
CA	cellulózacetát
CAB	cellulóz-acetát-butirát
EVA	etilén-vinil-acetát kopolimer
HDPE	nagy sűrűségű polietilén
HMWPE	nagy molekulatömegű polietilén (lineáris)
LDPE	kis sűrűségű polietilén
PA 11	poliamid 11-amino-undekánsavból
PA 12	poliamid laurinlaktámból (1,12-dodekánlaktám)
PA 6	poliamid kaprolaktámból
PA 6,10	poliamid hexametilén-diaminból és szebacinsavból
PA 6,6	poliamid hexametilén-diaminból és adipinsavból
PA+F	poliamid lángálló adalékkal
PAA	poliakrilsav
PAE	poli(akril-észter)
PBTP	poli(butilén-tereftalát)
PC	polikarbonát
PE	polietilén
PE+F	polietilén lángálló adalékkal
PETP	poli(etilén-tereftalát)
PIB	poliizobutilén
PMMA	poli(metil-metakrilát)
PMP	poli(4-metil-pentén-1)
POM	poliformaldehid
PP	polipropilén
PP+F	polipropilén lángálló adalékkal
PPO-M	poli(fenilén-oxid)
PS	polisztirol
PSO	poliszulfon
PUR	poliuretán
PVC-H	kemény poli(vinil-klorid)
PVC-W	lágy poli(vinil-klorid)
PVDC	poli(vinilidén-klorid)
SAN	sztirol-akrilnitril kopolimer
SB	sztirol-butadién kopolimer
SB+F	sztirol-butadién kopolimer lángálló adalékkal
SB+T	ütésálló sztirol-butadién kopolimer

CH-1 (K)

Egy telített nyíltláncú egyértékű alkohol égése során 5 mol CO_2 és 6 mol H_2O keletkezik. Mi a szerves vegyület moláris tömegének és 1 mol vegyület égéséhez szükséges oxigén sztöchiometriai együtthatójának összege?

CH-2 (K)

Milyen viszonyban vannak egymással a következő molekulák? A választ egy betű-kombinációként adjátok meg (pl. ABCABC)!

A) Azonosak

B) Tükörképi párok

C) Konstitúciós izomerek

D) A fentiek közül egyik sem

1. etán - etén
2. etin - acetilén
3. etanol - dimetil-éter
4. 2-metil-propán - izobután
5. etil-amin - dimetil-amin

CH-3 (K)

Hány darab olyan vegyület képzelhető el, amely szerves (legalább 1 szénatomot tartalmaz), minden eleme a leggyakoribb izotópjával szerepel, minden kötése kovalens kötés, semleges töltésű, minden elektronhéja zárt, és a moláris tömege 42 g/mol?

CH-4 (K)

Melyik a legkisebb moláris tömegű, nyílt láncú, királis szénhidrogén, ha minden atom a leggyakoribb izotópjával szerepel? Válaszként a vegyület egész számra kerekített moláris tömegét adjátok meg!

SZ-1 (K)

Számos elektronikai cikk tartalmaz alumíniumot és kis mennyiségű aranyat. Egy veszélyes fizikai-kémiai jelenség, az ún. bíborpestis, mikroelektronikai cikkek tönkremeneteléhez vezethet, amelynek oka az Al_2Au összegképletű intermetallikus vegyület keletkezése. Döntsétek el, melyik állítás igaz és melyik hamis! Válaszként I és H betűket tartalmazó betűsort adjatok le (pl. I I H H I)!

- Az alumíniumot és az aranyat az elektronikaiparban jó hőszigetelő képességük miatt alkalmazzák.
- Az arany vezetőképessége nagyobb az alumíniuménál.
- A bíborpestis áldozatául esett vezetékekben a kisebb térfogatú Al_2Au kialakulása miatt apró lyukak keletkeznek. Így a vezeték törésre hajlamossá válik.
- Az arany standard elektródpotenciálja negatív, ami jól magyarázza nemesfém jellegét.
- Az Al_2Au vegyületfázis aranytartalma 33,33 tömegszázalék.

SZ-2 (K)

A mikroelektronikai cikkek aranytartalma visszanyerhető királyvíz segítségével. Mennyi az arany királyvízzel való reakciójának rendezett reakcióegyenletében az együtthatók összege?

$$1\ \mathrm{Au} + \ldots\,\mathrm{HNO_3} + \ldots\,\mathrm{HCl} = \ldots\,\mathrm{H[AuCl_4]} + \ldots\,\mathrm{NO} + \ldots\,\mathrm{H_2O}$$

SZ-3 (K)

Mennyi a százalékos térfogatváltozás az Al_2Au elemeiből való keletkezése során?

SZ-4 (K)

A törpök találtak egy rejtélyes fehér port, amiben 50,26 m/m% Sb és 43,14 m/m% F mellett csak oxigén van. A bölcs Görbeszakáll elmagyarázta nekik hogy ebben az esetben kationban kizárólag oxigén található, míg az antimon oxidációs száma a komplex anionban +5. Majd azt kérdezte a lelkes tanítványaitól, hogy mennyi az oxigén oxidációs száma az ionvegyületben. Ti tudjátok a választ (az előjelre figyeljetek)?

A-1 (K)

A Narniába vezető szekrényt egy számzáras lakattal zárták el a puszta halandók elől, de azok a bölcs emberek (vagy varázslények), akik rendezni tudják a következő egyenletet bebocsájtást nyerhetnek:
$\ldots\,Cl^- + \ldots\,MnO_4{}^- + \ldots\,H^+ \longrightarrow \ldots\,Cl_2 + \ldots\,Mn^{2+} + \ldots\,H_2O$
A válasz a legkisebb egész számra rendezett sztöchiometriai együtthatók összege!

A-2 (K)

A törpök Hófehérkének a kedvességéért oxálsav oldatot szeretnének készíteni neki. Tudják, hogy Hófehérke a 45 $m/m\%$-os oldatokat szereti a legjobban. Hány gramm kristályvizes oxálsavat mérjenek be, ha összesen 50 g oldatot szeretnének Hófehérkének adni? A kristályvizes oxálsav képlete: $H_2C_2O_4{\cdot}2\,H_2O$

A-3 (K)

Albrechtnek volt egy 1,44 mol/dm^3 koncentrációjú, és egy ismeretlen koncentrációjú HCl oldata, valamint egy ismeretlen koncentrációjú KOH oldata. Meg akarta határozni a még nem ismert sósavkoncentrációt, ezért elkezdett titrálgatni. Először a KOH oldattal titrálta meg az 1,44 mol/dm^3-es sósavoldat 10-10 cm^3-ét és 13,2 cm^3 átlagos fogyást tapasztalt, majd a maradék KOH oldat 10-10 cm^3-ét az ismeretlen sósavval titrálva 19,8 cm^3 átlagos fogyást tapasztalt. Mekkora az ismeretlen sósav koncentrációja.

A-4 (K)

Szilva dadus a tavaszi nagytakarításhoz híg szalmiákszeszt rendelt a manóktól. Manó Benő csak $c = 0{,}5$ mol/dm^3 oldatot talált raktáron, de így is jobbnak látta meghígítani mielőtt a dadus kárt okoz másokban. Hányszorosára hígítsa az oldatot, hogy két egységgel változzon a pH-ja?

$K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$

E-1 (K)

A Sárkánybörtönök lakóinál gyakori probléma volt a „pikkelykiesés”, amely abból ered, hogy kevés jód jut a rabok étrendjébe. A birodalom Alkimista Tanácsa elrendelte, hogy a börtönökben csak jódbűvöléssel kezelt só használható.
Hány $m/m\%$ kálium-jodid kerül a sóba, ha a jodid : klorid arány 1 : 1000? M(Na) = 22,99 sárkánysúly M(K) = 39,10 sárkánysúly M(Cl) = 35,45 sárkánysúly M(I) = 126,9 sárkánysúly

XIX. Dürer Verseny

K

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Váltó feladatsor**

E-2 (K)

A királyság Mágusa az alábbi próbával tesztel téged:
Meríts egy 4 grammos alumínium-lemezt a legendás Kék Réz-Elixírbe (0,1 mol/dm^3-es $CuSO_4$-oldat)! A tömegváltozás pontosan 5 egység sárkánykörömpiszok. Hány gramm 1 egység sárkánykörömpiszok?

E-3 (K)

A Varázslók Tornyának alagsorában egy óriási, kristályfalú gömb van, amelyben a mágusok sárkánylehellet-gázt tárolnak. A gömb térfogata 5 dm^3, és mivel ez egy kényes gáz, így állandó 5 °C hőmérsékleten tartják. Mekkora lehet a nyomás kPa-ban, ha a gömbben lévő sárkánylehelletet 300 móI 40 n/n%-os sárkánynyáloldatból vonták ki maradéktalanul?

E-4 (K)

Albrecht, a Szélőrzők Rendjének fiatal lovagja nap mint nap bejárja Nyugatmezők poros útjait a Pegazus-járgányán (azaz, a kerékpárján, csak jó a képzelőereje). A magyar utak állapotát ismerve, defekt esetére mindig tart magánál pótbelsőt, amelyet egy CO_2 patronos pumpa segítségével fúj fel. A patron a gyártó szerint 16 g CO_2-ot tartalmaz és egy 700x25-ös gumiban lévő belsőt 109 psi nyomásra fúj fel. A belső gumi geometriailag egy tórusz, amelyet egy r sugarú körlemez R tengely körüli forgatásával képezhetünk (forgástest). A tórusz térfogata: $V = 2 \cdot \pi^2 \cdot R \cdot r^2$. A belső gumi méretezésében a 700 a kerékátmérőt ($2\ R$), a 25 a felfújt belső gumi átmérőjét ($2\ r$) jelöli milliméterben. Biciklizés közben Albrecht edzőtársa defektet kapott, így Albrecht rögtön a segítségére sietett. Az edzőtársa 700x23-as gumit használ. Egészre kerekítve hány psi-re fújja fel a 16 grammos patron az edzőtárs belsőjét? A hőmérsékletet tekintsük állandónak, a patron térfogatát pedig a belső gumi térfogatához képest elhanyagolhatónak!

CH-1 (K+)

Egy propán-propén gázelegy égetésénél a CO_2 és H_2O 3:3,6 arányban keletkezett. Mi lehetett a kiindulási gázelegy átlagos moláris tömege?

CH-2 (K+)

Hány darab olyan vegyület képzelhető el, amely szerves (legalább 1 szénatomot tartalmaz), minden eleme a leggyakoribb izotópjával szerepel, minden kötése kovalens kötés, semleges töltésű, minden elektronhéja zárt, és a moláris tömege 42 g/mol?

CH-3 (K+)

Milyen viszonyban vannak egymással a következő molekulák? A választ egy betű-kombinációként adjátok meg (pl. ABCABC)!

A) Azonosak

B) Cisz-transz-izomerek

C) Enantiomerek

D) Konstitúciós izomerek

E) Egyik sem

1. glükóz - fruktóz
2. maleinsav - fumársav
3. tejsav - 2-oxopropánsav
4. α-D-glükóz - β-D-glükóz
5. 2-aminoecetsav - glicin
6. metil-acetát - hidroxiaceton

CH-4 (K+)

Úton Avalon felé Artúr és a lovagjai találkoznak a Lovagokkal, Akik Azt Mondják, Ni!. De rekettyés helyett most egy találós kérdésre várnak választ. Egy találós kérdésre várnak választ: eléjük hoznak egy üveget, amelyekről a következőket állítják:

1. Halogénen kívül nincs más heteroatom benne.
2. Fluortartalmú.
3. Nincsenek sztereoizomerjei.

4. Szénlánca elágazó.
5. Legalább 9 hidrogénatom van benne.
6. Moláris tömege kisebb mint 80 g/mol.
7. 4 Szénatomot tartalmaz.
8. 3 Szénatomot tartalmaz.

Melyik nyílt láncú, telített szerves vegyület van az üvegben, ha pontosan 2 lovag hazudott?

SZ-1 (K+)

Számos elektronikai cikk tartalmaz alumíniumot és kis mennyiségű aranyat. Egy veszélyes fizikai-kémiai jelenség, az ún. bíborpestis, mikroelektronikai cikkek tönkremeneteléhez vezethet, amelynek oka az Al_2Au összegképletű intermetallikus vegyület keletkezése. Döntsétek el, melyik állítás igaz és melyik hamis! Válaszként I és H betűket tartalmazó betűsort adjatok le (pl. I I H H I)!

– Az alumíniumot és az aranyat az elektronikaiparban jó hőszigetelő képességük miatt alkalmazzák.
– Az arany vezetőképessége nagyobb az alumínuméénál.
– A bíborpestis áldozatául esett vezetékekben a kisebb térfogatú Al_2Au kialakulása miatt apró lyukak keletkeznek. Így a vezeték törésre hajlamossá válik.
– Az arany standard elektródpotenciálja negatív, ami jól magyarázza nemesfém jellegét.
– Az Al_2Au vegyületfázis aranytartalma 33,33 tömegszázalék.

SZ-2 (K+)

Mennyi a százalékos térfogatváltozás az Al_2Au elemeiből való keletkezése során?

SZ-3 (K+)

Egy alumínium alaplapra szerelt aranyvezeték 5,00 mg tömegű részlete bíborpestis során Al_2Au intermetallikus vegyületté alakult. Hány mikrogramm alumíniummal reagált el (egészre kerekítve)?

SZ-4 (K+)

Vasudvard orkjai sok év kísérletezés után kifejlesztették a tökéletes feketelőpor arányait. Szarumán megvizsgálta a keveréket és azt találta, hogy éppen sztöchiometrikus arányban tartalmazza az összetevőket: 14,43 $m/m\%$ szén és 9,63 $m/m\%$ kén mellett még (káli)salétrom volt benne. Az egyenlet rendezésével azonban meggyűlt a baja. Sok álmatlan éjszaka után a kristálygömb megsúgta, hogy az egyenlet bal oldalán 30 a legkisebb egész együtthatók összege. Mennyi lesz ekkor az egyenlet jobb oldalán ez az összeg, ha szén-monoxid mellett még egy gáz és egy szervetlen sókeverék képződött, amely csak összetett anionokat tartalmaz?

A-1 (K+)

Szilva dadus a tavaszi nagytakarításhoz híg szalmiákszeszt rendelt a manóktól. Manó Benő csak $c = 0{,}5$ mol/dm^3 oldatot talált raktáron, de így is jobbnak látta meghígítani mielőtt a dadus kárt okoz másokban. Hányszorosára hígítsa az oldatot, hogy két egységgel változzon a pH-ja?

$K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$

A-2 (K+)

A mészkőhegységekben élő boszorkányok a túlságosan kemény víz miatt nem tudnak rendesen babot főzni, ezért nátrium- foszfáttal szeretnék lágyítani a vizet. Egy liter tiszta vízben hány milligramm kalcium-foszfát oldható fel, ha $\mathrm{pL}\left(Ca_3\left(PO_4\right)_2\right) = 28,70$?

A-3 (K+)

Fiona a mocsári szépítőszerének előállításához $V = 0,500$ dm^3 olyan oldatból indul ki, amelyben $\left[Co^{2+}\right] = 0,25$ M és $\left[Ni^{2+}\right] = 0,5$ M. Az oldatban a H_2S-koncentrációt állandóan telítési értéken tartja (3,98 g/dm^3). Mennyi legyen az oldat pH-ja, ha csak egyféle fém-szulfid-csapadékot szeretne leválasztani, de azt a lehető legnagyobb mennyiségben?

$pK_{s1} = 7,04,\ pK_{s2} = 11,96$
$L\left(CoS\right) = 4 \cdot 10^{-21},\ L\left(NiS\right) = 3 \cdot 10^{-19}$

A-4 (K+)

Harry Potter és társai bájitalfőzésen mugli témakörrel ismerkedtek, a sav-bázissal. Oldjátok meg a házi feladatukat, ami így szólt: Számítsátok ki a 0,6 mólos kétértékű gyenge sav pK_1K_2 értékét, ha az oldat pH-ja megegyezik a 0,1 mólos NH_4Cl oldat pH-jával, illetve benne a specieszek eloszlása:

$[H_2A] : [HA^-] : [A^{2-}] = 1 : 2 : 3$!
$K_b\,(NH_3) = 1,78 \cdot 10^{-5}$

E-1 (K+)

A radioaktív háttérsugárzás több, mint 40%-a a radon radioaktív izotópjaiból származik. A leghosszabb felezési idejű (3,8 nap), és ebből következően legnagyobb előfordulású Radon izotóp a ^{222}Rn, amely a ^{238}U bomlási sorának tagja. Az első stabil izotóp a bomlási sorban a ^{222}Rn-ból 4-4 egymást követő alfa és (negatív) béta bomlás során keletkezik. Melyik ez az izotóp?

E-2 (K+)

Fejezzétek ki az $A_2 + B_2 \rightleftharpoons A_nB$ reakció egyensúlyi állandóját az n segítségével, ha az egyensúlyi koncentráció mindhárom anyag esetében c!

E-3 (K+)

Okoska a tanulmányai során egyszer csak megakadt. Hiába határozta meg empirikusan az elemi részecskék tömegét a gombaházban, a próciumon kívül sosem kapta meg az atomok tömegét belőle. Törpapa megszánta és azzal a tippel segített neki, hogy mindehhez a kötési energiának is köze van. Okoska így sem jött rá hogy mi áll a háttérben, ti azonban már biztosan igen. Határozzátok meg az ^{58}Fe-atommag kötési energiáját elektronvoltban, ha:

$m\left(p^+\right) = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg
$m\left(n^0\right) = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg
$M_r\left(^{58}Fe\right) = 9,6203 \cdot 10^{-26}$ kg
$c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s
$e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C

Segítség: Használjátok fel az $E = mc^2$ összefüggést.

E-4 (K+)

A három kismalac a téglaház felépítéséhez az építőanyagok kémiáját tanulmányozza. Mindhárman szeretnék meghatározni a kalcium-klorid rácsenergiáját.
Az első az alábbi termokémiai adatokból számolja ki:

A só képződéshője (-795,8 kJ/mol)

A kalcium atomizációs energiája: +178,0 kJ/mol

A kalcium első (+589,8 kJ/mol) és második (+1145,4 kJ/mol) ionizációs energiája

A klórmolekula kötési energiája (+242 kJ/mol)

A klór elektronaffinitása (-348,6 kJ/mol)

A második malac a Born-Landé egyenletet használja:

$$\Delta_L H = -A \cdot N_A \cdot k \cdot \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot e^2}{d} \cdot (1 - \frac{1}{n})$$

ahol A a sóhoz tartozó Madelung-állandó (2,52), k a Coulomb-állandó, e az elemi töltés, z a kation és anion töltése, d az ionok közti átlagos távolság (2,708 Å), n pedig a Born-állandó ([Ar] típusú ionokra $n = 9$)

A harmadik kismalac veszi észre, hogy jön a farkas, de már túl késő. A farkas viszont kegyes, elengedi őket, ha megmondják, hogy hány százalékkal nagyobb a második érték az elsőnél. Mit mondjanak?

XIX. Dürer Verseny

L

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Váltó feladatsor**

CH-1 (L)

Hány darab olyan vegyület képzelhető el, amely szerves (legalább 1 szénatomot tartalmaz), minden eleme a leggyakoribb izotópjával szerepel, minden kötése kovalens kötés, semleges töltésű, minden elektronhéja zárt, és a moláris tömege 42 g/mol?

CH-2 (L)

Melyik a legkisebb moláris tömegű királis szerves vegyület, ha a benne található elemeknek csak egyetlen izotópja szerepelhet? Válaszként a vegyület egész számra kerekített moláris tömegét adjátok meg!

CH-3 (L)

Az antióchiai szent kézigránátnak kiesett az ezüst biztosítószege (mint tudjuk, királyvízben nem oldódott). Hogy megelőzze a nem várt explóziót, Ménárd atyának egy háromjegyű kódot kell megadnia. A kódot az alábbi feladat megoldása rejti:
Hányféleképpen lehet többszörös kötéseket elhelyezni az 1-brómoktán szénláncán úgy, hogy négyszeresen telítetlen vegyületet kapjunk? A konstitúciót nem lehet megváltoztatni! Segítsetek Ménárd atyának, hogy milyen kódot adjon meg a hatástalanításhoz.

CH-4 (L)

Qyburn a Vörös Torony alatti laboratóriumában egy réges-régi feljegyzés alapján a Négy Város Esszenciáját kívánja elkészíteni. Ez a legendás ital – ha tökéletes arányban áll össze – képes megerősíteni az alig élő embert annyira, hogy járni tudjon. Az Elixír egyik kulcsa, hogy minden városból a megfelelő anyagot kell beszereznie. Ehhez a következő segítséget találta a feljegyzésben:

- A Myrből származó anyag szilárd, de vízfürdőn hevítve gyorsan elfolyósodik. Csak szént, hidrogént és oxigént tartalmaz. A brómos vizet nem színteleníti el. 1,14 g-ja 41,67 cm^3 0,120 mol/dm^3-es NaOH-oldatot közömbösít.
- A Penthosból származó anyag nagyon könnyen kinyerhető élő szervezetekből, szintén csak szént, hidrogént és oxigént tartalmaz, méghozzá 1:2:1 arányban. Egy Tollens nevű mester által leírt recept alapján 0,75 g-ja 2,16 g ezüstöt választ le.
- A Lysből származó anyag élő szervezetben egy nyílt láncú szimmetrikus molekulából (44,21 % szént, 7,37 % hidrogént, 33,68 % oxigént, ezenkívül pedig nitrogént tartalmaz) képződik, miután szén-dioxid szabadul fel.
- A Tyroshból származó anyagról csak annyit írnak, hogy a Lysből származó anyaggal egy családba tartozik. Ismert, hogy jóddal való kölcsönhatásának eredményeként olyan molekulák keletkeznek, melyek az élő szervezetek aktivitását befolyásolják.Egy nagyon különleges, hatszög alakú molekularészlete is van.

XIX. Dürer Verseny

L

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Váltó feladatsor**

Amikor a négy komponens végül egyetlen fiolában találkozott, megfelelő hatáshoz az arányokat kellett tökéletesítenie, de végül azt találta, hogy mindegyikből 3 mmol kell egy liter vízhez. Hány g/l-t tartalmazott összesen a 4 városból származó anyagból az elixír?

SZ-1 (L)

Számos elektronikai cikk tartalmaz alumíniumot és kis mennyiségű aranyat. Egy veszélyes fizikai-kémiai jelenség, az ún. bíborpestis, mikroelektronikai cikkek tönkremeneteléhez vezethet, amelynek oka az Al_2Au összegképletű intermetallikus vegyület keletkezése. Döntsétek el, melyik állítás igaz és melyik hamis! Válaszként I és H betűket tartalmazó betűsort adjatok le (pl. I I H H I)!

- Az alumíniumot és az aranyat az elektronikaiparban jó hőszigetelő képességük miatt alkalmazzák.
- Az arany vezetőképessége nagyobb az alumíniuménál.
- A bíborpestis áldozatául esett vezetékekben a kisebb térfogatú Al_2Au kialakulása miatt apró lyukak keletkeznek. Így a vezeték törésre hajlamossá válik.
- Az arany standard elektródpotenciálja negatív, ami jól magyarázza nemesfém jellegét.
- Az Al_2Au vegyületfázis aranytartalma 33,33 tömegszázalék.

SZ-2 (L)

A korrózióálló ötvözetek egy jeles képviselője a Hastelloy C-276 nikkelötvözet. A rendkívüli korrózióállóságát molibdén-, króm- és vasötvözéssel érik el. Az ötvözet tömegszázalékos összetételéről a következők állapíthatóak meg:

- Azonos tömegszázalék molibdént és krómot tartalmaz.
- A benne található vastartalom a nikkeltartalmának 9-ed része.
- Az összes ötvözőtartalma 37 tömegszázalék.

Mennyi a nikkelötvözet átlagos moláris tömege?

SZ-3 (L)

Vasudvard orkjai sok év kísérletezés után kifejlesztették a tökéletes feketelőpor arányait. Szarumán megvizsgálta a keveréket és azt találta, hogy éppen sztöchiometrikus arányban tartalmazza az összetevőket: 14,43 $m/m\%$ szén és 9,63 $m/m\%$ kén mellett még (káli)salétrom volt benne. Az egyenlet rendezésével azonban meggyűlt a baja. Sok álmatlan éjszaka után a kristálygömb megsúgta, hogy az egyenlet bal oldalán 30 a legkisebb egész együtthatók összege. Mennyi lesz ekkor az egyenlet jobb oldalán ez az összeg, ha szén-monoxid mellett még egy gáz és egy szervetlen sókeverék képződött, amely csak összetett anionokat tartalmaz?

SZ-4 (L)

Kübelschöpfer és Liminasius közös laborukat vezetik büszkén, de Ivlafdabazs titokban egy goblint küldött ellenük, de szerencsére leütötték egy küblivel. Most el kell tüntetniük egy testet, ezért fel akarják oldani egy kád savban, aminek a pH-ja 3. Tekintsük a goblin csontjait nagy felületű kalcium-foszfátnak ($Ca_3(PO_4)_2$), mekkora a szabad kalcium(II)ion-koncentráció?
$L = 2,07 \cdot 10^{-29}$, $\mathrm{p}K_{\mathrm{s}1} = 2,15$, $\mathrm{p}K_{\mathrm{s}2} = 7,20$, $\mathrm{p}K_{\mathrm{s}3} = 12,85$

A-1 (L)

Harry Potter és társai bájitalfőzésen mugli témakörrel ismerkedtek, a sav-bázissal. Oldjátok meg a házi feladatukat, ami így szólt:
Számítsátok ki a 0,6 mol/dm^3-es kétértékű gyenge sav $\mathrm{p}(\mathrm{K}_1 \cdot \mathrm{K}_2)$ értékét, ha az oldat pH-ja megegyezik a 0,1 mol/dm^3-es [NH_4Cl] oldat pH-jával, illetve benne a specieszek eloszlása:
[H_2A]:[HA^-]:[A^{2-}] = 1:2:3 és az ammónia bázisállandója $K_{\mathrm{b}} = 1,78 \cdot 10^{-5}$

A-2 (L)

Fiona a mocsári szépítőszerének előállításához V=0,500 dm^3 olyan oldatból indul ki, amelyben [Co^{2+}]=0,25 mol/dm^3 és [Ni^{2+}]=0,5 mol/dm^3. Az oldatban a H_2S-koncentrációt állandóan telítési értéken tartja (3,98 g/dm^3).
Mennyi legyen az oldat pH-ja, ha csak egyféle fém-szulfid-csapadékot szeretne leválasztani, de azt a lehető legnagyobb mennyiségben?
pK_{s1} = 7,04, pK_{s2} = 11,96 és $L_{\mathrm{CoS}} = 4 \cdot 10^{-21}$, $L_{\mathrm{NiS}} = 3 \cdot 10^{-19}$

A-3 (L)

Hókuszpók a törpöknek készített különleges italhoz $M(OH)_2$ fehér szilárd port szeretne vízben oldani, de a többi komponens miatt pH = 10,00-re pufferelt oldatra van szüksége. Sziamiaú titokban NaX-et csempészett bele (c_0=0,05 mol/dm^3), ami egy gyenge egyértékű sav (HX) sója és komplexet képez az M^{2+}-ionnal. Mekkora lesz az $M(OH)_2$ oldhatósága ebben az oldatban mmol/l-ben?
$K_{\mathrm{HX}} = 2,0 \cdot 10^{-7}$
$L_{\mathrm{M(OH)_2}} = 3,1 \cdot 10^{-12}$
$M^{2+} + X^- \longrightarrow MX^+$ $K_1 = 2,1 \cdot 10^3$ $MX^+ + X^- = MX_2$ $K_2 = 5,0 \cdot 10^2$

A-4 (L)

Miután Norbert elrágta a Hagrid kunyhójába vezető kábelt, áram nélkül maradt a ház. Ám Hermione a segítségére sietett. Az olajmécses helyett az alábbi galvánelemet készítette: egy c_1 = 0,1 mol/dm^3 sárkánysav-oldatba Pt-elektródát merített, amit állandó $p_2 = 1$ atm nyomású H_2-atmoszférában tartott. A másik elektródhoz $V_2 = 0{,}5$ liter $c_2 = 10^{-3}$ mol/dm^3 sósavban m_2 = 2 mg ezüst-nitrátot oldott, majd ebbe egy ezüstdarabot merített. Mekkora a két elektród között mérhető feszültség $T = 25$ °C hőmérsékleten **millivoltban**?
A sárkánysav egy egyértékű gyenge sav, melynek savállandója $K_s = 5,5 \cdot 10^{-2}$;
$L_{AgCl} = 1,77 \cdot 10^{-10}$, $\varepsilon^0(Ag^+/Ag) = +0,800$V F= 96485 C/mol

E-1 (L)

A Pevensie testvérek megtalálták a Fehér Boszorkány titkos feljegyzéseit. A fagyott tájat felolvasztó bájital egyik összetevőjéhez az alábbi keresztrejtvény vitte őket közelebb. Aslan annyi segítséget adott nekik, hogy az egyes sorokba a vegyületek (elemek) köznapi, illetve egy esetben nyelvújítás korabeli nevét kell megadni. A bájital összetevője a függőlegesen oszlopban levő közismert reagens és a számozott cellákból származó másik vegyület reakciójának terméke. Segítsetek megtörni a bűbájt, adjátok meg a reakciótermék képletét. A többjegyű betűk több cellába kerülnek!

1890841fenol 0741NH_4NO_3 0641$CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$ 0541Na_2SO_4 0441MnO_2 0341O_2 0241$MgSO_4$ 0141K_2CO_3 0041Na_2SiO_3 |||||||K|A|R|B|[1]O|[2][L B T R] L|[6] S|A|V||||. ||||||||||P|[5][L B T R] É|[3]T|I|[6] S|Ó|||. ||||||||||||[][L B T R] G|I|P|[6] S|[7] Z|||. |||||||G|[2]L|A|U|B|[][L B T R]E|R|[6]S|Ó||||. |||||||||B|A|R|[][L B T R]N|A|K|Ő||||. |||||||||[5]É|[2]L|E|N|[][L B T R]Y|||||||. ||||||K|E|[6]S|E|R|Ű|[6][L B T R] S|Ó||||||. ||||||||||H|[][L B T R] A|[4]M|U|[7]Z|[6]S|Í|R|. ||||||||||||[][L B T R] V|Í|[7]Z|Ü|V|E|G|.

111|[1]A|[2]A|[3]A|[1]A|[3]A|[3]A||[4]A|[5]A|[6]A|[7]A|.

E-2 (L)

A korróziósebesség becsléséhez az elektrokémiai gyakorlatban szükség van a vizsgált fém(ötvözet) ún. ekvivalens tömegére E_w (g/eq), amely a következő módon számítható:

$$E_w = \frac{1}{\sum_i \frac{n_i w_i}{M_{w,i}}},$$

ahol M_w (g/mol) az adott elem moláris tömege (Ti esetén 47,9, Al esetén 27,0 és V esetén 50,9) , n (eq/mol) annak leggyakoribb oxidációs állapotának töltésszáma, w (1) pedig az adott fém tömegtörtje az ötvözetben. Mennyi a 10,2 atomszázalék alumíniumot és 3,6 atomszázalék vanádiumot tartalmazó titánötvözet ekvivalens tömege?

E-3 (L)

A három kismalac a téglaház felépítéséhez az építőanyagok kémiáját tanulmányozza. Mindhárman szeretnék meghatározni a kalcium-klorid rácsenergiáját.
Az első az alábbi termokémiai adatokból számolja ki:

A só képződéshője (-795,8 kJ/mol)

A kalcium atomizációs energiája: +178,0 kJ/mol

A kalcium első (+589,8 kJ/mol) és második (+1145,4 kJ/mol) ionizációs energiája

A klórmolekula kötési energiája (+242 kJ/mol)

A klór elektronaffinitása (-348,6 kJ/mol)

A második malac a Born-Landé egyenletet használja:

$$\Delta_L H = -A \cdot N_A \cdot k \cdot \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot e^2}{d} \cdot (1 - \frac{1}{n})$$

ahol A a sóhoz tartozó Madelung-állandó (2,52), k a Coulomb-állandó, e az elemi töltés, z a kation és anion töltése, d az ionok közti átlagos távolság (2,708 Å), n pedig a Born-állandó ([Ar] típusú ionokra $n = 9$)

A harmadik kismalac veszi észre, hogy jön a farkas, de már túl késő. A farkas viszont kegyes, elengedi őket, ha megmondják, hogy hány százalékkal nagyobb a második érték az elsőnél. Mit mondjanak?

E-4 (L)

Okoska a tanulmányai során egyszer csak megakadt. Hiába határozta meg empirikusan az elemi részecskék tömegét a gombaházban, a próciumon kívül sosem kapta meg az atomok tömegét belőle. Törpapa megszánta és azzal a tippel segített neki, hogy mindehhez a kötési energiának is köze van. Okoska így sem jött rá, hogy mi áll a háttérben, ti azonban már biztosan igen. Határozzátok meg az ^{58}Fe-atommag kötési energiáját elektronvoltban, ha:

$m_{\text{proton}} = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg

$m_{\text{neutron}} = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg

$M_{^{58}\text{Fe}} = 9,6203 \cdot 10^{-26}$ kg

c= 2,998 $\cdot 10^8$ m/s

e= 1,602 $\cdot 10^{-19}$

	Al	Au	Al_2Au
Moláris tömeg (g/mol)	27,0	197	
Sűrűség (g/cm^3)	2,70	19,3	7,72

elem	Ni	Mo	Cr	Fe
M (g/mol)	58,7	96,0	52,0	55,8

XIX. Dürer Verseny

K

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Váltó megoldókulcs**

Váltó megoldások (K)

feladat	megoldás	elfogadott tartomány
CH-1	95,5	-
CH-2	DACAC	-
CH-3	8	-
CH-4	80	-
SZ-1	HIHHH	-
SZ-2	10	-
SZ-3	7,63	7,61 - 7,64
SZ-4	+1/2	-
A-1	43	-
A-2	31,5	31,4 - 31,6
A-3	0,551	-
A-4	6277	6250 - 6285
E-1	0,28	-
E-2	2,02	2,02 - 2,03
E-3	$5{,}55 \cdot 10^4$	55470 - 55505
E-4	129	128,7 - 129,0

XIX. Dürer Verseny

K+

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Váltó megoldókulcs**

Váltó megoldások (K+)

feladat	megoldás	elfogadott tartomány
CH-1	43,2	43,2 - 43,3
CH-2	8	-
CH-3	DBEEAD	-
CH-4	1-fluorbután	-
SZ-1	HIHHH	-
SZ-2	7,6	-
SZ-3	1371	1370 - 1372
SZ-4	25	-
A-1	6277	6250 -6281
A-2	0,221	-
A-3	0,855	-
A-4	9,77	
E-1	^{206}Pb	-
E-2	c^{1-n}	-
E-3	$4{,}945 \cdot 10^{8}$	-
E-4	1,98	1,85 - 2,0

XIX. Dürer Verseny

L

kategória

Döntő (2026. február 6-8.) **Váltó megoldókulcs**

Váltó megoldások (L)

feladat	megoldás	elfogadott tartomány
CH-1	8	8 - 9
CH-2	55	-
CH-3	100	-
CH-4	2,13	2,12-2,14
SZ-1	HIHHH	-
SZ-2	60,85	60,8 - 60,9
SZ-3	25	-
SZ-4	0,947	0,93 - 0,96
A-1	9,773	9,76 - 9,78
A-2	0,855	-
A-3	23,9	23,9 - 24,1
A-4	477	472 - 482
E-1	$Ca(NO_3)_2$	-
E-2	11,66	11,5 -11,75
E-3	1,98	1,5 - 2,0
E-4	$-4{,}95 \cdot 10^8$	-

A XIX. Dürer Verseny (2025-2026) döntőjének eredményei - K kategória

						Kifejtős forduló							Váltóforduló						Pont
Hely	Csapatnév	Tagok	Évf.	Iskola	Felkészítő tanárok	1.	2.	3.	4.	5.	Sz	Σ	Szerves	Szervetlen	Analitika	Általános	+	Σ	
1.	**Klúgos kémhatás**	Szabó Regő Török Zsófia Kolthay-Kauzler Norbert	10. 9. 10.	Budapest V. kerületi Eötvös József Gimnázium; Budapest	Klug Viktória	6,5	7	6,5	7	7,5	4	**38,5**	3 2 3 1	2 3 3 3	2 3 3 0	3 3 2 3	*12*	**51**	**89,5**
2.	**nikotinamid-adenin-dinukleotid-foszfát**	Leiner Emma Szabó Júlia Csonka Sebestyén	10. 10. 9.	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma; Pécs	Csóka Balázs, Petz Andrea, László Szilárd	5,5	6	5,5	5	7	5	**34**	3 2 3 0	3 3 3 2	3 3 3 3	0 3 3 3	*3*	**43**	**77**
3.	**Mazsolás Puding**	Simon Kornél Szepesi Géza Péter Póser Dóra	9. 9. 10.	Budapest V. kerületi Eötvös József Gimnázium; Budapest	Tóthné Tarsoly Zita	6	6,5	4	5	7	4	**32,5**	3 0 3 0	0 3 3 3	3 3 2 0	3 2 3 3	*3*	**37**	**69,5**
4.	**Alkimisták**	Kordé Kinga Anna Kósik Noel Dániel Tompa Richárd	9. 10. 10.	Pécsi Janus Pannonius Gimnázium; Pécs Baranya Vármegyei SZC Pollack Mihály Technikum és Kollégium; Pécs Baranya Vármegyei SZC Pollack Mihály Technikum és Kollégium; Pécs	Hegyiné Király Krisztina, Selényi Zsófia	5,5	8	8	4,5	5,5	3,5	**35**	3 3 3 0	2 3 0 3	3 3 3 0	3 0 3 0	*0*	**32**	**67**
5.	**Éterek**	Gál Andrea Nóra Bodó Rókus Dániel Patai Péter	10. 9. 10.	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium; Szeged	Dr. Regdon Ibolya, Szivós Ádám	6	8	4	4,5	7,5	6	**36**	3 3 3	2 3 0 0	2 2 3 0	3 0 3 3	*0*	**30**	**66**
6.	**Guppik**	Kerekes Márton Kemény Bernát Gyarmathy Zsófia	10. 10. 9.	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium; Budapest	Dr. Keglevich Kristóf György, Albert Attila	5,5	5,5	7,5	2	6,5	4	**31**	3 3 3	2 3 3 3	2 3 3 0	3 0 3 0	*0*	**34**	**65**
7.	**Dezoxiribonukleinsav**	Pfahler Pál Máté Seres Borbála Adamovics Ada Kata	9. 10. 10.	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium; Budapest	Keglevich Kristóf	3	6	4,5	1	4,5	5	**24**	2 1 3	2 3	3 3 0	0	*0*	**17**	**41**

A XIX. Dürer Verseny (2025-2026) döntőjének eredményei - K+ kategória

						Kifejtős forduló								Váltóforduló						Pont
Hely	Csapatnév	Tagok	Évf.	Iskola	Felkészítő tanárok	1.	2.	3.	4.	5.	Sz	K	Σ	Szerves	Szervetlen	Analitika	Egyéb	+	Σ	
1.	**BeDeMi TaPaPa**	Desics Panni Milovecz Panka Bense Tamás	10. 11. 10.	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium; Budapest Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium; Budapest Budapest V. kerületi Eötvös József Gimnázium; Budapest	Albert Attila, Rakota Edina, Klug Viktória	8	8	8	4,5	8	6	5,5	**48**	3 0 3 2	2 3 3 3	2 3 2 3	3 3 2 3	*9*	**49**	**97**
2.	**Alfa-ketoglutársav**	György Paula Széll András Kiss Mihály	11. 10. 10.	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium; Budapest	Sebő Péter, Varga Bence, Villányi Attila	7	7,5	7,5	3,5	7	5	6	**43,5**	2 0 3 3	3 3 3 3	0 3 3 3	3 3 3 3	*3*	**44**	**87,5**
3.	**BeSi**	Takács Panna Barbara Borsi Attila Farkas Péter	12. 11. 12.	Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium; Kisvárda	Machnikné Széplaki Tünde, Tóth Eszter	7,5	7	8	7,5	8	5	6	**49**	2 3 3 3	2 3 3 0	2 3 0 0	2 3 2 0	*2*	**33**	**82**
4.	**Tini Titánok**	Domján Lola Gede Emese Perger Mátyás	12. 11. 11.	Jedlik Ányos Gimnázium; Budapest	Elekné Becz Beatrix	8	8	7	7,5	7	6	6	**49,5**	2 0 0 3	3 3 3 0	2 0 0 3	3 2 3 1	*0*	**28**	**77,5**
5.	**Eötvözet**	Kovács Petra Keszte Ádám Szepesi Zoltán László	12. 11. 11.	Budapest V. kerületi Eötvös József Gimnázium; Budapest	Tarsoly Zita	7,5	8	8	7,5	6	5	5,5	**47,5**	2 0 2 2	1 3 2 0	3 0	3 3 2 0	*0*	**23**	**70,5**
6.	**MákosTészta**	Kelemen Dániel Kecskés Ákos Kapczár Emma	11. 11. 11.	Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium; Debrecen	Sinyiné Kővári Györgyi, Szilágyi Beatrix	7	6	5,5	6,5	3	6	5	**39**	3 1 2 3	2 3 3 0	3 0 0	3 3	*4*	**30**	**69**
7.	**Nagyon kreatív nevű csapat**	Bakos Noémi Boglárka Sovák Csenge Rauf Máté Gábor	11. 10. 11.	Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium; Kaposvár	Kertészné Bagi Beatrix, Dr. Huszákné Miklós Dóra	7,5	6,5	6	3,5	6	6	3	**38,5**	3 0 2 3	2 2 3 0	2	2 2 0	*0*	**21**	**59,5**
8.	**N2H2F2**	Tóth Hanga Katalin Nyíri Ákos Fábián Gergő	12. 11. 11.	Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium; Kecskemét	Labancz István	2	7	7	3	4	6	4,5	**33,5**	3 0	3 3 2 3	0 1 0	3 0	*0*	**18**	**51,5**

A XIX. Dürer Verseny (2025-2026) döntőjének eredményei - L kategória

						Kifejtős forduló				Váltóforduló						Pont
Hely	**Csapatnév**	**Tagok**	**Évf.**	**Iskola**	**Felkészítő tanárok**	**1.**	**2.**	**3.**	**Σ**	**Szerves**	**Szervetlen**	**Analitika**	**Egyéb**	**+**	**Σ**	
1.	**Protonok 3.0**	Király Emese Emma Elek János Kis Ákos	12. 11. 11.	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium; Szeged	Csúri Péter, Szivós Ádám	17	13,5	13	**43,5**	2 0 0	3 3 2 1	1 3 0	3 3 3 2	*7*	**33**	**76,5**
2.	**okos-1,3-dién**	Biró Artúr Nguyen Minh Anh Simon János Dániel	12. 12. 11.	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium; Budapest	Varga Bence, Villányi Attila, Nemeskéri Dániel, Éger Viktória, Viczkó Csaba	14	14	9	**37**	2 0 3 3	3 2 2	3 0	3 0 3 3	*0*	**27**	**64**
3.	**Molekuláris Maffia**	Bognár Bertalan Hasulyó Dorián Csipkó Hanga Zoé	10. 12. 12.	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium; Budapest	Varga Bence, Villányi Attila	16,5	14,5	13,5	**44,5**	3 0	3 3 3 0	0	2 3 0	*0*	**17**	**61,5**
4.	**kálium-aluminium-szulfát (12-hidrát)**	Husznai Marcell Goór Emília Kromek Emese	12. 12. 11.	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma; Pécs	Csóka Balázs, Petz Andrea	11	14	11,5	**36,5**	0 1	3 3 3	0 0	0 2	*0*	**12**	**48,5**
5.	**Kémiailag Közömbös Középiskolások**	Erdélyi Berta Jin Jiasheng Vékony Csanád	11. 11. 11.	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium; Budapest	Albert Attila	5,5	6,5	10	**22**	1 0	2 0	0 0	2 3 0	*0*	**8**	**30**