

Feladatok haladóknak

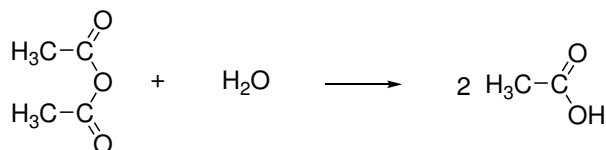
Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd
(gmagyarf@chem.elte.hu, szilard.varga@bolyai.elte.hu)

Megoldások

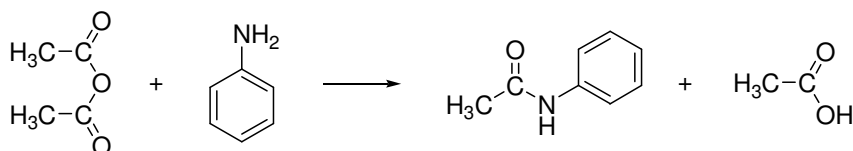
H111. Mivel a feladat csak arányokat tartalmazott, induljunk ki egy tetszőleges, például 1 mólnyi eredeti mintából! Ebben volt x mól ecetsavanhidrid és $(1 - x)$ mól ecetsav.

Ha az ecetsavanhidrid vízzel reagál, két ecetsav molekula keletkezik, azaz a titráláshoz szükséges nátrium-hidroxid anyagmennyisége:

$$n_a = 2 \cdot x + (1 - x) \text{ mól} = 1 + x \text{ mól.}$$



Viszont egy mól ecetsavanhidridből egy mól anilinnel reagálva egy mól acetanilid mellett csak egy mólnyi ecetsav keletkezik:



Így a II. pontban értelemszerűen $n_b = x + (1 - x) = 1$ mólnyi nátrium-hidroxidra van szükség (x mól anhidridből keletkezik x mól ecetsav, de még hozzá kell venni az eredeti ecetsav mennyiségét).

A feladat szövege alapján $x / (1 - x) = V_a / V_b$. Ez utóbbi viszont megegyezik a titráláshoz szükséges NaOH anyagmennyiségek arányával (mivel ugyanazzal az oldattal titráltunk):

$$V_a / V_b = n_a / n_b = (1 + x) / 1$$

Így a következő egyenlethez jutunk: $x / (1 - x) = (1 + x) / 1$, melynek megoldása: $x_1 = 0,618$ és $x_2 = -1,618$, melyek közül természetesen csak a pozitív előjelűnek van kémiai tartalma.

Mivel 1 mól keverékből indultunk ki, az elegyben volt 61,8 (n/n)% ecetsavanhidrid és 38,2 (n/n)% ecetsav.

$M(\text{ecetsavanhidrid}) = 102 \text{ g/mol}$, $M(\text{ecetsav}) = 60 \text{ g/mol}$, így az anhidridtartalom:
 $102 \cdot 0,618 / (102 \cdot 0,618 + 60 \cdot 0,382) = 0,733$, azaz a keverék 73,3 (m/m)% ecetsavanhidridet és 26,6 (m/m)% ecetsavat tartalmazott.

1 mól anhidrid hidrolízisével 2 mólnyi ecetsav keletkezik, így a 0,382 mól ecetsav 0,191 mól anhidridből származik (azaz ennyi bomlott el). Az eredeti anhidridmennyiség pedig $0,618 \text{ mol} + 0,191 \text{ mol} = 0,809 \text{ mol}$. Tehát az elbomlott anhidrid aránya: $0,191 \text{ mol} / 0,809 \text{ mol} = 0,236$. Azaz az ecetsavanhidrid 23,6%-a bomlott el.

A kitűzött feladatra sok szép megoldás érkezett, csak néhány beküldő értelmezte félre a feladatot.

Benkő Zoltán

H112. a) A szín a keletkező vas-szulfid miatt alakul ki. A tojás sárgájában lévő foszvitin nevű fehérjében vas található, a tojás fehérjében pedig kéntartalmú aminosavak (pl.: cisztein) vannak. A főzés során lezajló folyamatok miatt a sárgája és a fehérje határán lehetőség nyílik arra, hogy ez a két anyag reagáljon egymással, és színes csapadék keletkezzen.

A reakció egyenlete: $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{FeS}$

b) A kekszben sok cukor és só található, ezek higroszkópos anyagok, képesek megkötni a levegő nedvességtartalmát. A kifliben nincsen cukor, nincs, ami megkösse a nedvességtartalmát, emiatt az kiszárad.

c) Az edény felületéről kis mennyiségű réz kerül a vízbe réz(II)-ion formájában, ami baktérium-és gombaölő, algásodást csökkentő hatása révén növeli az eltarthatóság idejét. Nyilvánvaló, hogy műanyag edény esetén nincs ilyen hatás.

d) A vezetőképességért az oldatban lévő ionok felelősek. Az ammónia gyenge bázis, míg az ecetsav gyenge sav, emiatt oldatukban viszonylag kevés ion található. Ellenben a két oldat összeöntésekor ammónium-acetát só

keletkezik, az oldatban jelentősen megnő az ionok mennyisége, emiatt a vezetőképessége is. (Egyenletek: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$, $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$)

A második esetben a $\text{Ba}(\text{OH})_2$ erős bázis, a kénsav erős sav, így sok iont juttatnak a vízbe. Összeöntéskor csapadék keletkezik, az oldatban lecsökken az ionok mennyisége, emiatt a vezetőképesség is. Egyenlet a csapadékképződésre: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$

A feladatra összesen 24 megoldás érkezett. Az átlagpontoszám: 8,0. Hibátlan megoldást küldött be: Batki Bálint, Najbauer Eszter Éva, Sebő Anna. Jellemző hiba volt (különösen az a) résznél) a reakcióegyenlet hiánya, valamint Fe(II)-ion helyett elemi vassal történő reakció felírása.

Vörös Tamás

H113. A feladat szerzője sokáig abban a hitben élt, hogy a kémiai nevezéktan a világ legunalmasabb tudománya, mely a normális halandó számára semmiféle szellemi izgalmat nem tartogat. Majd rálelt egy furcsa hobbi: a bután hangzó kémiai nevek gyűjtésére. Ez a tevékenység természetesen teljesen öncélú, a gyakorlat szempontjából hasztalan, de segítségével a kémia izgalmas területein tehetünk kirándulásokat, érdekes vegyületcsaládokat ismerhetünk meg. Az érdeklődőknek ajánlom a http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_chemical_compounds_with_unusual_names weblapot.

nonanon

Egy kilenc szénatomos ketonról van szó, ami lehet dibutil-keton, propil-pentil-keton, etil-hexil-keton, vagy metil-heptil-keton. Természetesen a propil-, butil-, pentil-, hexil- és heptil-csoportoknak további szerkezeti izomerjei lehetnek, de ezeket szerencsére már sokszor összeszámolták, és táblázatokban közölték:

| | funkciós csoport | izomerek száma |
|---------|---------------------------------|----------------|
| metil- | -CH ₃ | 1 |
| etil- | -C ₂ H ₅ | 1 |
| propil- | -C ₃ H ₇ | 2 |
| butil- | -C ₄ H ₉ | 4 |
| pentil- | -C ₅ H ₁₁ | 8 |
| hexil- | -C ₆ H ₁₃ | 17 |
| heptil- | -C ₇ H ₁₅ | 39 |

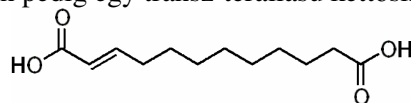
A fentiek alapján az izomerek már könnyen összeszámolhatóak. Ne feledkezzünk meg a dibutil-származék esetén a kettővel való osztásról a szimmetria miatt: $1 \cdot 39 + 1 \cdot 17 + 2 \cdot 8 + 4 \cdot 4 / 2 = 80$

izononil-izononanoát

Ez egy észter, a kilenc szénatomos alkohol, és a kilenc szénatomos karbonsav származéka. Az izo- előtag mindig a "fecskefarok" izomert jelenti, tehát azt, ahol a normál láncre az utolsó előtti pozícióban metil csoport kapcsolódik: $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-C}_6\text{H}_{12}\text{-O-CO-C}_5\text{H}_{10}\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$

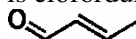
traumasav (transz-dodec-2-én-dikarbonsav)

Egy tizenkét szénatomból álló dikarbonsav, mivel a karboxil csoportok pozícióját nem jelöltük külön, azok csak a lánc két végén lehetnek. A 2. pozícióban pedig egy transz-térállású kettőskötés található:



krotonaldehid

Hát ehhez valóban irodalmazni kellett egy kicsit. Ez a könnyeztető hatású vegyület, mely -a hazánkban dísznövényként közkedvelt- kroton nevű növényben is előfordul, a transz-2-butenal:



ketén

$\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$, de szobahőmérsékleten nem állandó, dimerizálódik, a ciklikus dimert diketénnek nevezik.

(Ez a két vegyület jól példázza, hogy a kémiai nomenklatúrában bizony minden egyes betű sokat számít. Hasonló páros a melanin-melamin, amit népszerű sorozatunk fordítói is rendszeresen elhibáznak. De ez csak a kémiaértő minoritást zavarja.)

germán

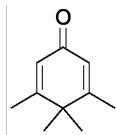
A germánium és a hidrogén vegyülete, a metán analógja, GeH_4 .

perjódsav

Egyszerűnek tűnő kérdés, pedig két perjódsav létezik. A metaperjódsav (HIO_4), és a hidrátja, az ortoperjódsav (H_5IO_6). Mindkettő létezik, előállítható.

pingvinon (3,4,4,5-tetrametil-ciklohexa-2,5-dién-1-on)

Ennek a telítetlen ketonnak a szerkezete sokakat a pingvinre emlékeztetett. Lehet, hogy komoly jövője lenne a tintapacateszt kémiai szerkezetekre alkalmazott módosításának?



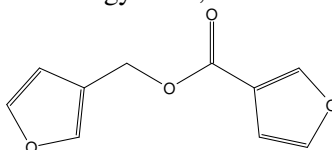
titán-laktát

A titán és a tejsav sója. Mivel a Ti^{2+} ion redukál (még a vizet is), a Ti^{4+} ion pedig magában nem stabil (sokat TiO^{2+} , titanil-ion formájában alkot), a titán csak hármas oxidációs állapotban szerepelhet:



furfuril-furfurát

A furfuril-alkohol, és a neki megfelelő karbonsav (furan-2-karbonsav) észtere (jelölni kellett volna az izomereket, a gyakorlatban a 2-furil származékok fordulnak elő gyakran, itt is ezt ábrázoltuk):



A további furcsa nevek gyűjtése megmozgatta a versenyzők fantáziáját. A legtöbb javaslat egyszerű áthalláson alapuló humorforrásra alapult. Meglepő módon napjaink fiatalsága már a "bután" nevet is kitörő jókedvvel fogadja, de olyan vegyületek, mint a pinán, pinén, tropasav, húgysav, pláne a bilirubin még a legmogorvábbakat is hisztérikus kacajra készíti. A javítót meglepte, hogy sokan látták a humor kiapadhatatlan forrását a "barbitursav" elnevezésben. Tény, hogy ez a vegyület nem a felfedezőjéről van elnevezve. A tizenéves korosztály természetesen különösen fogékony a fenti, obszcenitást nem nélkülöző éretlen poénkodásra, de meglepetésünkre két, az óvodások számára is emészthető megnevezés is született: perecetsav, és a nagyon "édi" benzoepersav. Ez utóbbi versenyző pontszámát némiképp csökkenti, hogy helytelen elnevezés (helyesen perbenzoepersav), de pusztán az IUPAC kedvéért nem diszkvalifikálunk egy ilyen leleményt.

Kiapadhatatlan humorforrás rejlik a kémiai rövidítésekben is: DEAD (diethyl-aza-dikarboxilát), SEX (nátrium (= "sodium", angolul)-etil-xantogenát), BOC-I (terc.-butil-oxikarbonil-jodid).

Végezetül a nyelvi lelemény Parnasszusát jelentik azon kémiai elnevezések, melyek önmagukban zengő versnek is tekinthetők: butiril-butil-laktát, allil-izotiocianát, klorálhidrát (lehet, hogy ez a legszebb magyar szó?). Figyeljük meg azt a fricskát, azt a feszítő belső ellentétet, amit a fluorenil-fluorid hordoz! Ha ezt Ady írja, akkor érettségi tétel is lehetne! Mit árul el kiégett, pikírt világunkról, hogy a szépen hangzó AIBN valójában azobiszizobutironitrilt jelent!

Azonban a győzelmi babérkoszorú egyértelműen Sveiczter Attila trubadúrt illeti a XXI. századi létet és az elasztomer-ipar gyötrő problémáit egyszerre briliánsan összegző posztmodern verséért:

Schizophrenia

Buta-di-én

Kóczán György

H114. A feladat kiírásába sajnálatos módon hiba csúszott, az Ag^+ a gyakorlatban nem titrálható EDTA-val a kis stabilitási állandó miatt. Továbbá az NH_3 mellett még tartarát-ionokat is kellett volna adni az oldathoz, hogy a Pb^{2+} ne váljon ki hidroxidcsapadékként, mivel a Pb^{2+} nem képez NH_3 -val komplexet. Az alábbi megoldás tehát csak elveket és gondolatmenetet tükröz, mérést így nem lehetett volna végezni.

Az első titrálás során a három fémiont együtt titráljuk meg EDTA-val. Mindegyik fémion 1:1 arányban reagál, vagyis az ionok összegét mérjük. A KCN hozzáadása utáni titrálásnál az Ag^+ és a Cd^{2+} komplexet képez CN^- -dal, így csak a Pb^{2+} -t mérjük. Ha a megtitrált oldathoz formaldehidet adunk, a $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}$ elbomlik, az $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ állandó marad (a Pb marad EDTA komplexben). Az így a felszabaduló Cd^{2+} ionokat meg tudjuk ezután külön titrálni.

A titrálási adatokból:

$$1) n_{\text{Ag}} + n_{\text{Cd}} + n_{\text{Pb}} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol,}$$

$$2) n_{\text{Pb}} = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol,}$$

$$3) n_{\text{Cd}} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

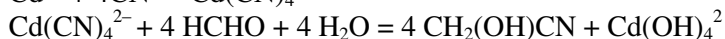
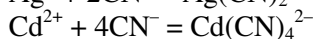
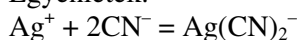
A törzsoldat készítése során a mintán összesen 250-szeres hígítást végeztünk, így ezekből és a kezdeti $c_0 = 0,50$ M-os koncentrációkból kiszámolhatók a kezdeti térfogatok:

$$V_{\text{Ag}^+} = 140 \text{ cm}^3, V_{\text{Cd}^{2+}} = 90 \text{ cm}^3, V_{\text{Pb}^{2+}} = 170 \text{ cm}^3$$

A zavaró fémionok közül a Hg^{2+} ; Ni^{2+} ; Cu^{2+} és a Co^{2+} ugyanúgy viselkedik, mint az Ag^+ , azaz csak az első titrálás eredményét növeli, vagyis több Ag^+ -t mérünk, mint ami az oldatban van.

A Ba^{2+} ; Mn^{2+} és Ca^{2+} ugyanúgy viselkedik, mint az Pb^{2+} , tehát az első és a második titrálás eredményét növeli, vagyis összességében több Pb^{2+} -t mérünk, mint ami van. A Zn^{2+} ugyanúgy viselkedik, mint a Cd^{2+} , így az első és a harmadik titrálás eredményét növeli, vagyis összességében több Cd^{2+} -ot mérünk, mint ami van.

Egyenletek:



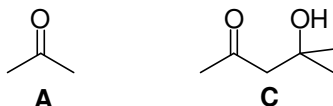
A hibák ellenére szerencsére mindenki értelemszerűen megoldotta a feladatot. A legtöbb gondot az egyes ionok hatásának felismerése, az $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ komplex formaldehiddel szemben mutatott stabilitásának észrevétele okozta.

A feladatra 20 megoldás érkezett, a pontátlag 6,8. Hibátlan megoldást küldött be Pócs Eszter Sarolta és Szigetvári Áron.

Sarka János

H115.

Az **A** és **C** vegyületek képletének meghatározása során az oxigéntartalomtól indulunk ki. Ebből kapjuk, hogy az $n(\text{O}):n(\text{C}) = 1:3$, míg a $n(\text{O}):n(\text{H}) = 1:6$ lehet a molekulában. Tehát általános összegképletük a $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_x$ lehet. Az **A** vegyületben található metilcsoportok azonos kémiai környezetben vannak, így a vegyület valószínűleg az acetone. A **C** vegyületben pedig két különböző környezetben vannak a metilcsoportok ez a legegyszerűbb esetben a diacetone alkoholban van így. Ezen vegyületek szerkezetei a következők:



A **B** szeretlen vegyület, ami a folyamatban részt vesz valószínűleg valamilyen fém-hidroxid. Az oxigéntartalom alapján a $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ez az anyag. A folyamatban pedig katalizátorként vesz részt.

Azért használunk ilyen kísérleti elrendezést, hogy több acetoneból összeálló polimert ne kapjunk, illetve elkerüljük a termék molekulából egy víz molekula kihalását.

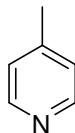
A visszaeresztő nyak a hidrosztatikai közlekedőedények elvén működik.

A feladatra 21 megoldás érkezett a pontátlag 8,48. Hibátlan megoldást küldött be: Najbauer Eszter Éva, Sebő Anna, Dabóczi Máttyás és Sveiczzer Attila.

Varga Szilárd

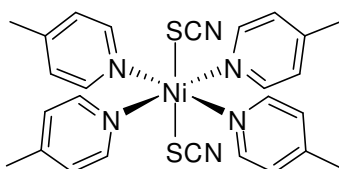
HO-49.

Tegyük fel, hogy a **B** vegyület csak három féle atomból áll. Ekkor általános összegképlete $\text{C}_a\text{H}_b\text{X}_c$ lesz. Az együttthetők aránya pedig: $a:b:c = 77,4/M(\text{C}):7,58/M(\text{H}):15,02/M(\text{X})$. Ha $c = 1$, akkor az arány 6:7:1 és X a nitrogén. Ekkor az összegképlet $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$. Ilyen összegképlettel tükörszimmetrikus molekula az anilin és 4-metilpiridin. Ezen kettő közül az anilin sűrűsége kisebb, mint a vízé, így a piridin származék a **B** vegyület. Szerkezete:



A **C** vegyület előállításának egyenletét megvizsgálva és 100%-os kitermelést feltételezve láthatjuk, hogy a termék tömege a kiindulási anyagok tömegének összegével egyezik meg. Tehát a reakcióban „addíciós” módon csak a termék keletkezik. A reakcióban 0,1 mol **B** (továbbiakban MePy) vegyület vett részt.

Az **A** vegyület egy átmenetifém sója, ahol az anion valószínűleg a rodanidion (SCN^-). Az átmenetifém-só (**A**) és újonnan hozzáadott szerves ligandum aránya valószínűleg egész számok aránya. Ilyen feltételek mellett adódik 1:4-es arány mellett a fémion moláris tömege: 58,6 g/mol-nak, ami alapján a fém a nikkell. (Sokan a szín alapján közölték, hogy csak a kobalt lehet a megoldás ez így nem volt elfogadható. Ha valaki megállapította, hogy a kobalt vagy a nikkell lehet, mivel nagyon közel van a moláris tömegük és a továbbiakban a kobalttal számolt, akkor teljes értékű megoldásként fogadtuk el.) Tehát az **A** $\text{Ni}(\text{SCN})_2$. A **C** vegyület pedig a $\text{Ni}(\text{SCN})_2(\text{MePy})_4$. Szerkezete a következő:



A **D** és **E** vegyületek különböző mennyiségű oldószert koordinálnak magukhoz. A **D** komplexenként 2 benzolt, míg az **E** 1 benzolt. A tömeg adatokból könnyen számítható a 150°C-on és 200°C-on stabil vegyületek összetétele: $\text{Ni}(\text{SCN})_2(\text{MePy})_3$ és $\text{Ni}(\text{SCN})_2(\text{MePy})_2$.

A feladat általánosságban jól sikerült mindenkinek. A legtöbb nehézséget a Ni és Co felcserélése okozta a feladatban 16 megoldást kaptunk, ezek pontátlaga 7,81. Hibátlan megoldást küldött be Pócs Eszter Sarolta és Babinszki Bence.

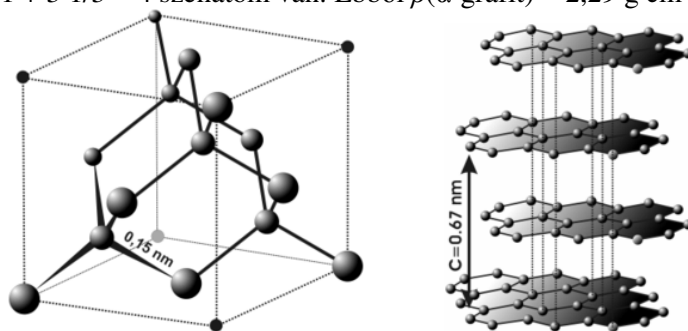
Varga Szilárd

HO-50. Gyémánt:

Mint a mellékelt ábra mutatja, a tetraédes elrendeződést úgy foghatjuk meg a legegyszerűbben, ha a tetraédereket a képen látható kockában helyezük el. Erre a kockára igaz lesz az, hogy a tér mindhárom irányába eltolva felépíthető vele a kristályrács. Legyen a kocka oldala b , egy adott szénatom négy szomszédja által meghatározott tetraéder élének hossza a ! Ekkor ismerve, hogy a tetraédes orientációnál a kötésszög $109,5^\circ$, kiszámítható, hogy $a = d \cdot \sqrt{(8/3)}$, ahol d a kötéstávolság. (a kötésszög egyébként ki is számítható, és az igaz rá, hogy $\cos \varphi = -1/3$). Ebből $a = 252,3$ pm, másrészt mivel $a \cdot \sqrt{2} = b$, ezért a kocka éle: $b = 356,8$ pm. A kocka térfogata tehát $b^3 = 4,54 \cdot 10^{-23}$ cm³. Ebben $4 + 8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 8$ darab szénatom található. Ebből $\rho(\text{gyémánt}) = 3,51$ g·cm⁻³.

Grafit:

Vegyünk egy olyan szabályos hatszög alapú egyenes hasábot, melynek magassága a rétegek távolságának kétszerese, a hatszög oldala pedig a szénatomok távolsága a síkokon belül! Erre teljesül, hogy eltolva a tér három irányába a kristályrács felépíthető. Ezen hasáb térfogata: $V = 6 \cdot (141,5 \text{ pm})^2 \cdot (\sqrt{3})/4 \cdot (2 \cdot 335,4 \text{ pm}) = 3,49 \cdot 10^7$ pm³. Ebben a hasábban $12 \cdot 1/6 + 1 + 3 \cdot 1/3 = 4$ szénatom van. Ebből $\rho(\alpha\text{-grafit}) = 2,29$ g·cm⁻³.



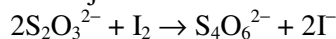
A képek a magyar Wikipedia oldaláról származnak, köszönet értük!

Sok helyes megoldás érkezett, többféle gondolatmenettel. Ezek közül mindegyiket elfogadtam, amely olyan térrészeket választott a számítás alapjául, melyekből eltolással felépíthető az egész kristályrács, vagy megfelelő módon indokolta, hogy a választott térrész térkitöltése megegyezik a kristályrácséval.

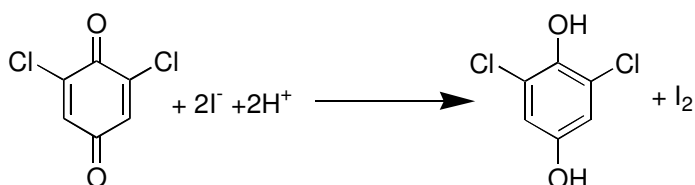
Kramarics Áron

HO-51. A 2,6-diklór-1,4-benzokinon molekulaképlete $\text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_2\text{O}_2$. A törzsoldatba bemért anyagmennyiség 57,22 mg / 176,99 g/mol = 0,3233 mmol, így egy kísérletben ennek ötödrészével, vagyis 0,06466 mmol-lal dolgozunk.

i) A keletkező jódt nátrium-tioszulfáttal a következő egyenlet szerint reagál:

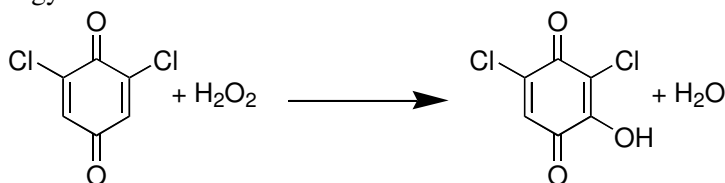


6,47 cm³ 0,02000 mol/dm³ koncentrációjú $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -oldatban 0,129 mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ van. Ez 0,0647 mmol I_2 -dal reagál. Vagyis a kiindulási kinon és a jodidion közötti reakcióban kinonmolekulánként egy molekula jódt keletkezik. Ez a megfelelő hidrokinon keletkezését jelzi a következő egyenlet szerint:



A keletkező termék neve 2,6-diklór-hidrokinon.

ii) A hozzáadott H_2O_2 anyagmennyisége 0,20 mmol, vagyis a kiindulási kinonmennyiség kb. háromszorosa. Az előző folyamatban redukálószer (jodidiont) használunk, itt pedig oxidálószer (H_2O_2 -t), tehát a szerves vegyület oxidálódni fog. A reakció befejeződése után hozzáadott CuCl_2 anyagmennyisége igen kicsi (3,0 μmol), ezért szerepe csak katalizátor lehet: a feleslegben maradt H_2O_2 elbomlását gyorsítja (az oldat bepárlása másként robbanásveszélyes lenne!). Ebből következően nem maradhatott elreagálatlan kinon az oldatban a reakció végére. A pH alapján a reakció végén a H^+ -ion koncentrációja 0,631 mmol/dm³, az oldat teljes térfogatát (101,0 cm³) figyelembe véve a keletkező H^+ anyagmennyisége 0,0637 mmol, vagyis majdnem megegyezik a kiindulási kinon mennyiségével. A bepárlási maradék tömegéből 0,0030 mmol \times 134,44 g/mol = 0,40 mg a változatlanul maradt CuCl_2 , a szerves termék tehát 12,88 – 0,40 = 12,48 mg. A keletkező anyag moláris tömege így 12,48 mg / 0,06466 mmol = 193,0 g/mol, ez éppen egy oxigénatommal több, mint a kiindulási kinoné. A savas kémhatást nyilván egy hidroxilcsoport okozza, ez oxidációval értelmesen csakis egy C–H kötésbe való oxigénatom-beékelődéssel jöhet létre. Az egyenlet tehát a következő:



A termék neve 2-hidroxi-3,5-diklór-1,4-benzokínon (!), a pH-adatból pedig meg lehet becsülni a termék savi disszociációs állandóját:

$$K_s = \frac{\frac{0,0637 \text{ mmol}}{0,101 \text{ dm}^3} \times \frac{0,0637 \text{ mmol}}{0,101 \text{ dm}^3}}{\frac{0,0647 \text{ mmol} - 0,0637 \text{ mmol}}{0,101 \text{ dm}^3}} = 40 \text{ mmol/dm}^3 = 0,040 \text{ mol/dm}^3$$

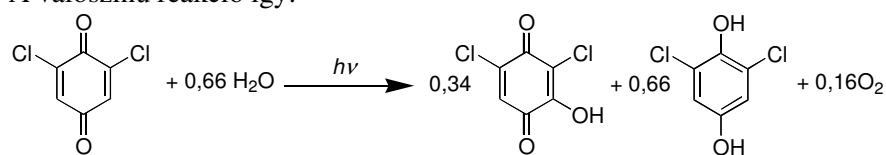
iii) Az erős fény fotoreakciót okoz. Az előző két lépéssel ellentétben itt nincsen feleslegben használt reaktáns, ezért arról is meg kell győződni, nem maradt-e elreagálatlan kiindulási anyag az oldatban. A kinon egyetlen lehetséges reakciópartnere a víz, ez lehet oxidálószer (H_2 -fejlődés) és redukálószer (O_2 -fejlődés) is. Természetesen a kinon diszproporciója is lehetséges reakció, de ehhez is szükséges a víz részvétele a stabil termékekben lévő hidrogén- illetve oxigénatomok biztosításához.

A pH-csökkenésről feltehetjük, hogy a ii) lépés termékének keletkezése okozza. A pH alapján a reakció végén a H^+ -ion koncentrációja 0,219 mmol/dm³ az oldat teljes térfogatát (100,0 cm³) figyelembe véve a keletkező H^+ anyagmennyisége 0,0219 mmol, így a hidroxikinon anyagmennyisége:

$$n = 0,0219 + \frac{0,219 \text{ mmol/dm}^3 \times 0,219 \text{ mmol/dm}^3}{40 \text{ mmol/dm}^3} \times 0,100 \text{ dm}^3 = 0,0220 \text{ mmol}$$

Ez a termék összesen 0,0220 mmol \times 193,0 g/mol = 4,246 mg tömegű, marad tehát 11,88 – 4,246 = 7,63 mg tömeg és 0,06466 – 0,0220 = 0,0427 mmol anyagmennyiség. A fennmaradó anyag átlagos moláris tömege tehát 7,63 mg / 0,0427 = 179 g/mol. Ez a tiszta 2,6-diklór-hidrokinonnak felel meg, bár a kiindulási adatok pontossága nem elegendő ahhoz, hogy néhány százalék kiindulási anyag megmaradását biztosan ki lehessen zárni.

Az oxidált és redukált termékek anyagmennyiségének aránya így 0,34 : 0,66. A hidroxikinon teljes mennyisége létrejöhet a kinon diszproporciójával, a de a hidroxikinon fennmaradó része csak oxigénfejlődés mellett keletkezhet. A valószínű reakció így:



Kifogástalan megoldás nem volt. A feladatot lényegében megoldotta (9 p) Najbauer Eszter Éva és Sveiczler Attila. 7-8 pontot négyen, 5 pontot vagy kevesebbet tizenegyen kaptak.