



Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny 2010/2011. tanév

Kémia I. kategória - Döntő

1. feladat

A feladathoz egy külön lapon kérdések társulnak, a válaszokat arra a lapra kérjük megadni. A feladat megkezdése előtt figyelmesen olvassa el a teljes leírást, és annak megfelelően értelemszerűen szervezze munkáját a rendelkezésre álló idő figyelembevételével!

A feladathoz csak a megadott eszközöket lehet használni! Párhuzamos mérések elvégzését javasoljuk.

A feladat elvégzésére 120 perc áll rendelkezésre.

Bauxitminta vas(III)-oxid- és alumínium-oxid-tartalmának meghatározása

A bauxit főleg alumínium- és vastartalmú ásványok [gibbszit – $\text{Al}(\text{OH})_3$, böhmit – $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$, diaszpor – $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$, hematit – Fe_2O_3 , goethit – $\text{FeO}(\text{OH})$], valamint agyagásványok [pl. kaolinit – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], kvarc és anatáz (TiO_2) keveréke.

Összetételét általában egyszerűsítve, oxidokra átszámolva adják meg. A Magyarországon is előforduló ún. karsztbauxit hozzávetőleges tömegszázalékos összetétele például a következő:

Al_2O_3	48 – 60 %
SiO_2	3 – 7 %
Fe_2O_3	15 – 23 %
TiO_2	2 – 3 %
CaO	1 – 3 %

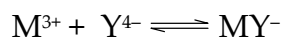
A feladatban hasonlóképpen kell megadni a vizsgált bauxitminta Al_2O_3 - és Fe_2O_3 -tartalmát.

A bauxitminta előkészítése:

Az előzetesen 100 °C-on tömegállandóságig szárított bauxitból bizonyos mennyiséget analitikai mérlegben pontosan bemérünk. Kálium-hidroxiddal megömlesztjük. A megdermedt, megrepedezett ömledéket desztillált vízbe tesszük, a szuszpenziót átsavanyítjuk, szűrjük, a teljesen tiszta oldatot 100,00 cm³-es mérőlombikba átmoszuk, végül a lombikot jelig töltjük. Mindebből a versenyzőnek csak a lombik jelre töltése a feladata.

A mérés elve:

A két- vagy több értékű fémionok az etilén-diamin-tetraacetáttal (EDTA, egyszerűsített jele Y⁴⁻) stabil 1:1 anyagmennyiség-arányú komplexet képeznek. Ez lehetővé teszi analitikai meghatározásukat.



5,5-6,3 pH-jú (az optimális pH 5,8) oldatban a vas(III)- és alumíniumionok EDTA-val stabilis komplexet képeznek. A komplexképződési reakció azonban igen lassú, amit melegítéssel lehet gyorsítani. A két ion egymás melletti meghatározásánál az első lépésben együttes mennyiségüket állapítjuk meg úgy, hogy ismert mennyiségű EDTA-mérőoldatot adunk az oldathoz, és a feleslegét cink-szulfát-mérőoldattal visszatitráljuk. A következő lépésben a megtitrált oldatban az alumíniumionok EDTA-komplexét nátrium-fluorid adagolásával elbontjuk, és a felszabaduló EDTA-t ismét cink-szulfát-mérőoldattal visszatitráljuk. Ez utóbbi fogyás az alumínium mennyiségével lesz arányos.

Az eljárás leírása:

A törzsoldatból 20,00 cm³-t 100 cm³-es Erlenmeyer-lombikba pipettázunk. Hozzáadunk 20,00 cm³ 0,05000 mol/dm³ koncentrációjú EDTA-mérőoldatot, és horzsakő jelenlétében 5 percig forraljuk. Kb. 1 g hexametilén-tetraamin hozzáadása után újabb 5 percig forraljuk (a elpárolgott vizet pótoljuk), majd szobahőmérsékletre hűtjük az oldatot. Ellenőrizzük a pH-ját! Ha szükséges, kis mennyiségű hexametilén-tetraamin hozzáadásával a pH-t 6-ra állítsuk be! (A hexametilén-tetraamin adagolásának célja a titrálendő oldat pH-jának növelése a kívánt értékre.) Kevés metiltimolkék indikátort hozzáadva az oldathoz, az EDTA feleslegét 0,05000 mol/dm³ koncentrációjú cink-szulfát-mérőoldattal visszatitráljuk. A végpontban az oldat színe sárgából kékbe csap át. (Vigyázat: nem színállandóságig titrálunk!) („A” fogyás.)

A megtitrált oldathoz ezután 5 cm³ telített nátrium-fluorid-oldatot adunk, és forrásig melegítjük. A forró oldatot 1-2 percig állni hagyjuk, majd szobahőmérsékletre lehűtjük. Lehűlés után kb. 0,5 g hexametilén-tetraamint és kevés metiltimolkék indikátort adunk a mintához, és megtitráljuk a 0,05000 mol/dm³ koncentrációjú cink-szulfát-mérőoldattal. („B” fogyás.)

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 101,96 \text{ g/mol}, M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,69 \text{ g/mol}$$

VÁLASZLAP

A versenyző száma:

Pontszám:

Fogyások az "A" mérésnél:

Átlagfogyás: F_1 (cm^3 -ben)

(Az összpontszám 27%-a.)

Fogyások a „B” mérésnél:

Átlagfogyás: F_2 (cm^3 -ben)

(Az összpontszám 27%-a.)

A kapott minta Al_2O_3 -tartalmának kiszámítása:

A cink-szulfát-mérőoldat koncentrációja $0,05000 \text{ mol/dm}^3$.

$F_2 \cdot 0,05000$ mmol cink-szulfát reagál $F_2 \cdot 0,05000$ mmol EDTA-val, ami ugyanennyi alumíniumból szabadult fel, azaz $20,00 \text{ cm}^3$ törzsoldatban $F_2 \cdot 0,05000$ mmol alumíniumion van.

Az egész törzsoldat 5-szörös mennyiségben tartalmazza az alumíniumot, ami $F_2 \cdot 0,12500$ mmol Al_2O_3 -nak felel meg,

amelynek tömege: $101,96 \cdot F_2 \cdot 0,12500$ mg, azaz $F_2 \cdot 0,012745$ g

A kapott minta tömege: m g (ezt megkapja a versenyző).

A kapott minta Al_2O_3 -tartalma: $(F_2 \cdot 1,2745)/m$ tömegszázalék.

(Az összpontszám 13%-a.)

A kapott minta Fe_2O_3 -tartalmának kiszámítása:

A két fémion együttes anyagmennyisége 20 cm^3 törzsoldatban:

$(20,00 - F_1) \cdot 0,05000$ mmol.

Ebben az alumínium anyagmennyisége $F_2 \cdot 0,05000$ mmol, így a vas(III)-ionok anyagmennyisége: $(20,00 - F_1 - F_2) \cdot 0,05000$ mmol.

Az egész törzsoldat 5-szörös mennyiségben tartalmazza a vasat,

ami $(20,00 - F_1 - F_2) \cdot 0,12500$ mmol Fe_2O_3 -nak felel meg,

amelynek tömege: $159,69 \cdot (20,00 - F_1 - F_2) \cdot 0,12500$ mg,

azaz $(20,00 - F_1 - F_2) \cdot 0,01996$ g

A kapott minta tömege: m g.

A kapott minta Fe_2O_3 -tartalma: $1,996 \cdot (20,00 - F_1 - F_2) / m$ tömegszázalék.

(Az összpontszám 13%-a.)

A bauxitminta lúgos feltárása, majd az azt követő desztillált vizes oldás után mely elem(ek) lesz(nek) oldatban? Karikázza be a megfelelő vegyjel(ek)et!

Al Fe Si

(Az összpontszám 3%-a.)

A szuszpenzió – előző művelet utáni – átsavanyítása után mely elem(ek) lesz(nek) oldatban? Karikázza be a megfelelő vegyjel(ek)et!

Al Fe Si

(Az összpontszám 3%-a.)

Magyarországon évente kb. 300 000 tonna timföldet állítanak elő. A kitermelés az alumíniumra nézve 85 %-os. Feltéve, hogy az előbbieken kiszámolt összetétel átlagértékként elfogadható a Magyarországon bányászott bauxitra, továbbá tudva, hogy a timföldgyártás melléktermékeként keletkező vörösiszap átlagosan 23 tömegszázalék vas(III)-oxidot tartalmaz, határozza meg, hogy hány hektár (ha) alapterületű kazettában helyezhető el az egy év alatt termelődő vörösiszap, ha 5 m magasan tölthető a kazetta! (1 kg vörösiszap elhelyezése hozzávetőleg $0,5 \text{ dm}^3$ térfogatot igényel.) (1 ha = 10^4 m^2)

Az elvileg előállítható Al_2O_3 -tömege: 352 941 t

Tegyük fel, hogy az előző számítások során azt kaptuk, hogy minta 50,0% Al_2O_3 -ot és 20,0% Fe_2O_3 -ot tartalmaz, ekkor 352 941 t Al_2O_3 mellett 141 176 t Fe_2O_3 található a kibányászott bauxitban. Ez utóbbi teszi ki a vörösiszap 23%-át, a vörösiszap tömege tehát: 613 809 t, aminek a térfogata $306 904 \text{ m}^3$.

5 m-es vastagságot feltételezve $61 381 \text{ m}^2$ területre van szükség, ami 6,1 ha.

A kazetta alapterülete: 6,1 ha. (Az eredmény értelemszerűen változik a kapott minta tömegszázalékos összetételének megfelelően.)

(Az összpontszám 14%-a.)



2. feladat

A feladat elvégzésére és a válaszlap kitöltésére összesen 120 perc áll rendelkezésre. A kiadott eszközökön kívül csak íróeszköz használható.

A feladat elvégzése után a kitöltött válaszlapot a kódszámmal ellátott borítékban kell elhelyezni, és a felügyelőnek leadni!

A válaszlapon szerepeljen a versenyző kódszáma!

1. feladat Oldószerrek

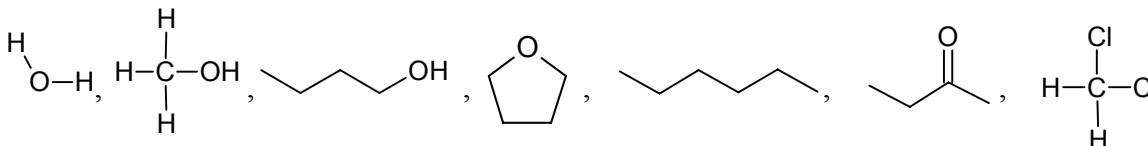
Az összpontszám 50%-a.

Vannak olyan oldószerrek, amelyek nem elegyednek egymással. Az, hogy két oldószer elegyedik-e egymással, elsősorban a polaritásuk különbségétől függ.

Ebben a feladatban az alábbi oldószereket fogjuk vizsgálni:

- víz
- metil-alkohol
- bután-1-ol
- tetrahidrofurán (öttagú gyűrűs telített éter, C_4H_8O)
- n*-hexán
- bután-2-on (etil-metil-ke-ton)
- diklórmetán

Írja fel a fenti oldószerrek szerkezeti képletét!



Állapítsa meg, hogy a fenti listában szereplő oldószerrek közül képezhető párok közül melyek azok, amelyben az összetevők nem elegyednek egymással!

Jelölje a listában aláhúzással, hogy a két oldószer közül melyik alkotja az alsó fázist (pl. higany-olaj)!

A lista összeállításához a kísérleteket kb. 1-1 ml oldószerrel végezze! A munkáját segíti két színes oldat: meggylé és klorofilloldat. A fázisok azonosításához 1-1 cseppet használjon belőlük!

(Két próba között a kémcsövet ne mossa ki, de alaposan törölje szárazra!)

víz-bután-1-ol, víz-hexán, víz-bután-2-on, víz-diklórmetán, metanol-hexán

Mitől függ, hogy nem elegyedő fázisok keletkezése esetén melyik az alsó fázis?

A két oldószer sűrűségétől.

Mely oldószer(ek)ben oldódik a meggylé festékanyaga és mely(ek)ben a klorofill? Mi lehet ennek az oka?

Hogyan segítette ez a jelenség a kérdés megválaszolását?

A meggylé festékanyaga vízben és metanolban, a klorofill a többi oldószerben oldódik.

A meggylé festékanyaga poláris, a klorofill apoláris.

A fázisok azonosításában segített. A víz és a metanol piros, a többi fázis zöld volt.

A kísérlet tapasztalatai alapján állítsa sorba az oldószereket polaritásuk alapján (leginkább poláris → leginkább apoláris sorrendben)! Ha két oldószer között a kísérlet alapján nem tud különbséget tenni, akkor azt egyértelműen jelölje!

víz-metanol-THF-(bután-1-ol/bután-2-on/diklórometán)-hexán

Elegyítsen azonos mennyiségű vizet és tetrahidrofuránt! Adjon az elegyhez rázogatva, részletekben szilárd konyhasót! Mit tapasztal? Mi a magyarázat?

A kezdeti homogén oldat két fázisra válik szét. A konyhasó kiszorítja az oldatból a THF-t.

Mire használható a gyakorlatban két egymással nem elegyedő oldószer?

Elegyekből bizonyos komponensek szelektív kioldására, anyagok tisztítására.

2. feladat Színes rézvegyületek

Az összpontszám 33%-a.

A réz oxidációs száma a vegyületeiben leggyakrabban kettő. De ebben a feladatban találkozunk réz(I)-vegyületekkel is.

A kiadott CuO és Cu₂O minták segítségével végezze el az alábbi kísérleteket:

- Adjon a fém-oxidhoz 10%-os HCl-oldatot! A kísérlethez 1-2 ml oldatot használjon!
- Adjon a fenti oldathoz ötszörös mennyiségű vizet!
- Egy friss fém-oxid mintához adjon 1-2 ml 5%-os ammóniaoldatot!
- Tegye félre a mintákat, és figyelje kb. 5 percig! Tapasztal változást?

Töltse ki a táblázatot! Tüntesse fel az egyes reakciók termékének képletét is! Ha a termék ionosan oldódik, akkor elég a réztartalmú iont feltüntetni. Ha a termék oldhatatlan, akkor aláhúzással jelölje!

(Míg a Cu(II)-vegyületek komplexekben a rézion körül általában négy ligandum található, addig a Cu(I)-vegyületekben kettő.)

		Cu ₂ O	CuO
Az oxid színe		vörös	fekete
+ HCl	tapasztalat	színtelen oldat	zöld oldat
	reakciótermék	[CuCl ₂] ⁻	[CuCl ₄] ²⁻
+ HCl + víz	tapasztalat	fehér csapadék	világoskék oldat
	reakciótermék	<u>CuCl</u>	Cu ²⁺ /[Cu(H ₂ O) ₄] ²⁺
+ NH ₃	tapasztalat	színtelen oldat	sötétkék oldat
	reakciótermék	[Cu(NH ₃) ₂] ⁺	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺
+ NH ₃ , várákozás	tapasztalat	levegővel érintkezve megkékül	nincs változás
	reakciótermék	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺

Hogyan állítható elő Cu₂O?

Keletkezik pl. a Fehling-reakció során, lúgos közegben komplexált Cu²⁺ és pl. redukáló cukrok reakciójában.

3. feladat Kurkuma a laborban

Az összpontszám 17%-a.

Az ájurvédikus medicina már évezredek óta használja a kurkumát (ez egy indiai fűszer) betegségek széles skálájának gyógyszereként. A kurkuma sárga színéért egy festékanyag, a kurkumin a felelős. Ezt az anyagot a modern orvostudomány is vizsgálja napjainkban, mint potenciális gyógyszerhatóanyagot pszoriázis (pikkelysömör) kezelésére, de akár rákellenes szerként is. A kurkumin E100 néven élelmiszer-színezék, a laborban pedig hasznos reagens a bórsav kimutatásában.

A bórsav (H_3BO_3), illetve sói, a borátok kimutatása úgy történik, hogy a vizsgálandó minta kis részletét 1-2 ml 10%-os HCl-oldatban oldjuk, és egy cseppet kurkuminnal impregnált szűrőpapírra (ún. kurkumapapírra) ejtünk, majd a foltot megszárazítjuk.

Készítsen kurkumapapírt!

A kiadott kurkumapor spatulányi mennyiségét kb. 5 ml tetrahydrofuránnal rázogassa! Hagyja a kurkumaport leülepedni! A letisztult oldatba mártson néhány szűrőpapír csíkot, majd a papírt az elszívófülke alatt kiterítve hagyja megszáradni!

A bórsavminta pár mg-os részét („spatulahegynyi”) oldja fel 1 ml 10%-os HCl-oldatban, az oldat egy cseppjét ejtse kurkumapapírra, és hagyja megszáradni (a száradást hőlégfújjóval gyorsíthatja)! Mit tapasztal? Cseppentsen a foltra 1 csepp 1 mol/dm^3 koncentrációjú NaOH-oldatot! Mit tapasztal?

Ismételje meg a kísérletet "vakpróbával" (azaz bórsavat nem tartalmazó sósavval) is! Mit tapasztal?

Bórsav távollétében nincs változás, míg bórsavval piros folt keletkezik sárga alapon. NaOH hatására a piros folt megkékül (tömény oldat esetén megfeketedik). Bórsav távollétében a kurkuma sárga színe NaOH hatására bordóra változik.

Már az ókorban is ismerték a bórsav és sói bőr- és szembetegségekre gyakorolt jótékony hatását. A hatást leginkább a bórsav enyhe baktérium- és gombaölő tulajdonsága magyarázza. Krémekben, kenőcsökben, szem- és fülcseppekben azóta is gyakori komponens a bórsav vagy valamely sója.

Állapítsa meg, hogy a kiadott három kenőcs közül melyik tartalmaz bórsavat vagy borátiont!

A vizsgálatot úgy végezze, hogy a reagenspapír egyik oldalát kenje be vékonyan (!) a krémmel, a másik oldalára pedig cseppentsen egy csepp sósavat, majd melegítse a csíkot!