



Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
Kémia II. kategória
3. forduló

Budapest, 2015. március 21.

A verseny döntője három feladatból áll. Mindhárom feladat szövege, valamint a hozzájuk szükséges anyagok, eszközök a laborasztalán találhatók.

4 óra tiszta munkaidő áll rendelkezésére, hogy a három feladat kísérleteit elvégezze, kiértékelje és eredményeit leírja. Az időt a feladatok között saját belátása szerint oszthatja be. A feladatokat tetszés szerinti sorrendben végezheti.

Munkájának megkezdése előtt további 20 perce van, amelynek során átolvashatja a feladatlapot, és átgondolhatja teendőit. A kísérletezést csak a 20 perc eltelte után kezdheti meg.

A kiadott eszközökön kívül kizárólag számológép használható. Az eszközöket újrafelhasználás esetén szükség szerinti alapossággal mosogassa el!

A rendelkezésre álló eszközök és anyagok listája a mellékletben található.

Vegyszerből és eszközből kérhet pótlást. Az első alkalommal nem jár ezért büntetés, de az összes további kérésért 1-1 pontot vonnak le a forduló 50 pontjából. Desztillált vizet büntetés nélkül is lehet kérni.

A kódszámát minden lapra írja rá!

A gyakorlat közben a felügyelő engedélyével használhatja a folyosók közepén található mosdókat, de egyszerre csak egy személy.

Ugyanígy van módja rövid szünetet tartani, és enni-inni a folyosó végén található teremben, tanári felügyelet mellett. Ide egyszerre többen is kimehetnek, de az egymással való kommunikáció nem megengedett.

A feladatok súlya a fordulóban:

1 – 18 pont

2 – 14 pont

3 – 18 pont

1. feladat

Ismeretlen oldatok azonosítása

A kiadott 10 számozott kémcső az alábbi oldatokat tartalmazza. **A 10 oldat és pH-papír segítségével azonosítsa az ismeretleneket!**

Egy ismeretlen pótlását pontlevonás nélkül kérheti, de további ismeretleneket csak 1 pont levonása mellett tudunk adni.

- réz(I)-klorid sósavas oldata
- vas(III)-nitrát salétromsavas oldata
- nátrium-fenolát vizes oldata
- kálium-dihidrogén-foszfát vizes oldata
- kálium-tiocianát (KSCN) vizes oldata
- ezüst(I)-nitrát vizes oldata
- bárium-hidroxid vizes oldata
- ammónium-szulfát vizes oldata
- kálium-jodid vizes oldata
- kálium-jodát (KIO₃) vizes oldata

Adatok:

$$K_s(\text{fenol}) = 1,02 \cdot 10^{-10};$$

$$K_1(\text{foszforsav}) = 7,6 \cdot 10^{-3}, K_2(\text{foszforsav}) = 6,2 \cdot 10^{-8}, K_3(\text{foszforsav}) = 2,1 \cdot 10^{-13}$$

$$\varepsilon^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,77 \text{ V}, \varepsilon^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) = -0,04 \text{ V}, \varepsilon^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,45 \text{ V};$$

$$\varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{+}) = +0,15 \text{ V}, \varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}, \varepsilon^0(\text{Cu}^{+}/\text{Cu}) = +0,52 \text{ V}$$

$$\varepsilon^0(\text{IO}_3^-/\text{I}_2) = +1,20 \text{ V}, \varepsilon^0(\text{I}_2/\text{I}^-) = +0,54 \text{ V}$$

1. Rajzolja fel a megnevezett anionok szerkezeti képletét!

Név	Képlet
<i>nitrátion</i>	
<i>fenolátion</i>	
<i>dihidrogén-foszfát-ion</i>	
<i>tiocianátion</i>	
<i>szulfátion</i>	
<i>jodátion</i>	

2. A réz(I)-klorid sósavas oldatban is könnyen oxidálódik a levegő oxigénje hatására. Az átalakulást elkerülhetjük, ha az oldatba kevés rézport szórunk, mert az redukálja a képződő réz(II)-ionokat.

Írja fel a réz(I)-ionok oxidációjának, valamint a réz(II)-ionok redukciójának rendezett reakcióegyenletét!

3. *Írja fel a réz(I)-ionok és a vas(III)-ionok között lejátszódó reakció egyenletét! Milyen szín megjelenését várja?*

4. A vas(III)-ionok tiocianáttal különböző komplexeket képeznek, amelyek jellegzetes vörös színűek.

Írja fel az egyszeresen negatív töltésű komplex keletkezésének ionegyenletét! A vas(III)-ionok koordinációs szférájában lévő vízmolekulákról se feledkezzen el! (A vasionok koordinációs száma ezekben a komplexekben 6.)

--

5. *Az alábbi anionok közül melyikkel (melyekkel) ad csapadékot tapasztalatai szerint az ezüst(I)-ion? A helyes választ/válaszokat jelölje X-szel!*

- ☐ kloridion
- ☐ nitráttion
- ☐ fenoláttion
- ☐ dihidrogén-foszfát-ion
- ☐ tiocianáttion
- ☐ hidroxidion
- ☐ szulfáttion
- ☐ jodidion
- ☒ jodáttion

6. *Az alábbi anionok közül melyikkel (melyekkel) ad tapasztalatai szerint csapadékot a báriumion? A helyes választ/válaszokat jelölje X-szel!*

- ☐ kloridion
- ☐ nitráttion
- ☐ fenoláttion
- ☐ dihidrogén-foszfát-ion
- ☐ tiocianáttion
- ☐ hidroxidion
- ☐ szulfáttion
- ☐ jodidion
- ☒ jodáttion

KÓDSZÁM:

7. A jodidionok és a jodátionok jódkiválás közben képesek reagálni egymással. Írja fel a lejátszódó reakció rendezett egyenletét! Milyen kémhatású oldatban játszódik le ez a folyamat?

8. Melyik kémcsőben vannak a megnevezett anyagok?

réz(I)-klorid sósavas oldata	
vas(III)-nitrát salétromsavas oldata	
nátrium-fenolát vizes oldata	
kálium-dihidrogén-foszfát vizes oldata	
kálium-tiocianát vizes oldata	
ezüst(I)-nitrát vizes oldata	
bárium-hidroxid vizes oldata	
ammónium-szulfát vizes oldata	
kálium-jodid vizes oldata	
kálium-jodát vizes oldata	

KÓDSZÁM:

9. Mely reakció(k), változás(ok), illetve észlelet(ek) segítségével tudjuk egyértelműen azonosítani az egyes vegyületeket az analízis során?

(Ha valamelyik rész megválaszolásához kevés a hely, a választ pótlapon lehet folytatni. Ebben az esetben a táblázat F oszlopában *-gal jelezze, hogy máshol folytatódik a válasz!)

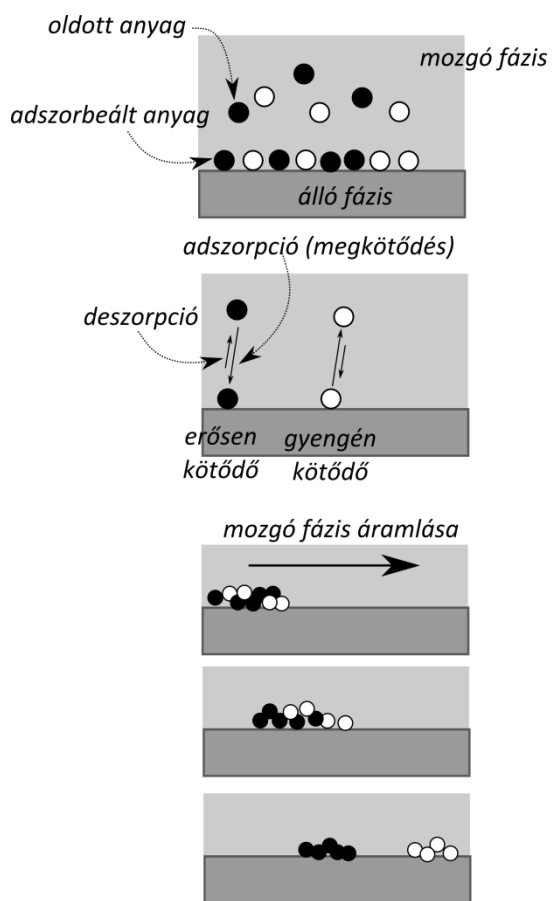
F		Reakció/Változás/Észlelet
	réz(I)-klorid sósavas oldata	
	vas(III)-nitrát salétromsavas oldata	
	nátrium-fenolát vizes oldata	
	kálium-dihidrogén-foszfát vizes oldata	
	kálium-tiocianát vizes oldata	
	ezüst(I)-nitrát vizes oldata	
	bárium-hidroxid vizes oldata	
	ammónium-szulfát vizes oldata	
	kálium-jodid vizes oldata	
	kálium-jodát vizes oldata	

2. feladat

Cukrok azonosítása vékonyréteg-kromatográfiával

A cukorszármazékok között kémiai szempontból nagyon kicsi az eltérés: sokszor csak egyetlen kiralitáscentrum konfigurációja különbözik. Így az analitikai kémiát nagy kihívás elé állította a cukrok vizsgálatának igénye. Egy különösen hatékony eljárásnak bizonyult a vékonyréteg-kromatográfia (VRK), ami az anyagok szilárd felületen történő megkötődési egyensúlyát (adszorpció) használja ki elegyek elválasztására.

Az 1. ábrán látható két anyag viselkedése egy szilárd felületen (adszorbens). A színes



1. ábra

körökkel (●) jelölt anyag erősebben, az üres körrel (○) jelölt gyengébben kötődik. Ha a felület fölött egy oldószert áramoltatunk, akkor a két komponenst eltérő mértékben tudja magával ragadni, ezért a két anyag térben elválik egymástól: az erősen adszorbeálódó (●) komponens „lemarad” a gyengén kötődőhöz (○) képest.

A módszert kromatográfiának nevezzük, a szilárd felületet álló fázisnak, az oldószert mozgó fázisnak, vagy eluensnek hívjuk.

A módszerrel való megismerkedés érdekében először filctollak festékanyagát fogjuk elválasztani.

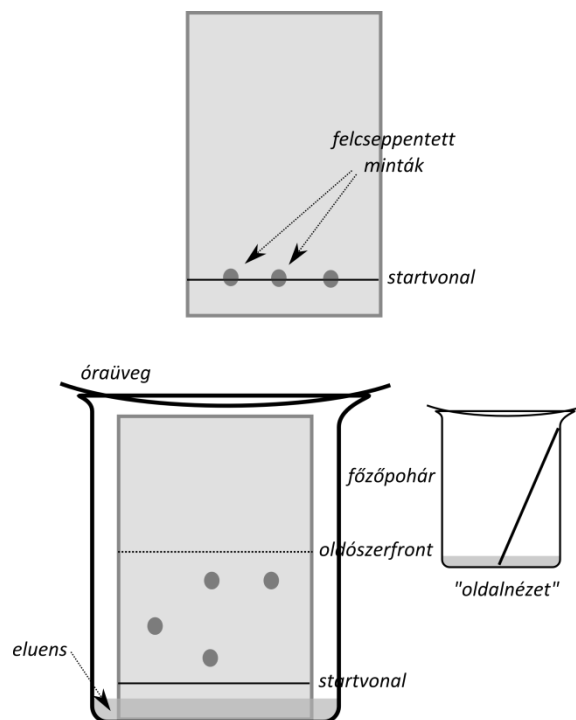
Álló fázisként szűrőpapírt használunk. Mivel az elválasztás a felületen történik, fontos, hogy a papírt ne fogdossuk össze, hisz az ujjunkról felkenődő zsír jelentősen megváltoztatja a felület kötőképességét. A lapot tehát mindig csak a szélénél, vagy csipesszel szabad megfogni.

1.) Húzzon a lap rövidebb oldalával párhuzamosan a lap szélétől kb. 1 cm-re ceruzával egy csíkot! Ez lesz az ún. startvonal, ide visszük fel az elválasztandó anyagokat. A vonalat mindig tompa, puha ceruzával, vékonyan húzzuk meg, hisz a felkenődő grafit is megváltoztatja a felületet.

2.) A filctollkészlet minden színével rajzoljon egy-egy pöttyöt a startvonalra. A pöttyök átmérője minél kisebb, maximum 0,5–1 mm legyen! A pöttyök egymástól és a lap szélétől is kb. egyenlő távolságra legyenek! Elég, ha a toll hegyét pár másodpercig a papírhoz érinti, és hagyja, hogy a papír felszívja a festéket.

3.) Készítse el az eluent: egy 100 cm³-es főzőpohárba az osztott műanyag cseppentők segítségével adjon 6 mL izopropil-alkoholt és 3 mL vizet. Rázással keverje össze az eluent, és egy óraüveggel fedje le a főzőpoharat!

4.) Egy csipesszel állítsa ferdén a pohárba a vékonyréteglapját (a szűrőpapírt) úgy, hogy a startvonal alul legyen, és a lap ferdén támaszkodjon az edény falára. Fontos, hogy az oldószerszintje a pohárban ne érje el a startvonalat (ld. 2. ábra). Fedje be a főzőpoharat! Ne lötyögtesse a poharat!



2. ábra

5.) Az eluens a kapillaritás miatt elkezd felszívódni a vékonyréteglapon (azaz a kapillaris erő „mozgatja” a mozgó fázist). Figyelje meg, ahogy a különböző színű festékeket magával ragadja az eluens. **Figyeljen arra, hogy az oldószer egyenletes, az oldalra merőleges frontot képezve kússzon fel a lapon! Ha a lap ferde helyzete vagy az eluens hullámozása miatt az oldószer ferdén fut fel, kezdjen egy új lapot.**

6.) Várja meg, hogy az oldószerfront kb. 1 cm-re megközelítse a lap felső élét, majd vegye ki a lapot a pohárból egy csipesszel. Fektesse le az asztalra, ceruzával jelölje meg az oldószerfront helyzetét, és hagyja a lapot megszáradni. *(A lap teljes kifejlesztéséhez 10-20 percre van szükség, ezt vegye figyelembe a munka tervezése során. Ha úgy látja, hogy a komponensek már jól elváltak egymástól, akkor a kifejlesztést hamarabb is befejezheti!)*

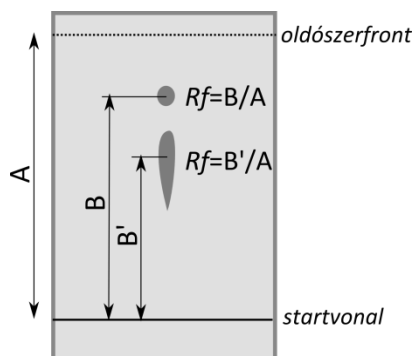
Ha nem sikerül az elválasztás, ismételje meg! *(A kiadottakon felül is kérhet VRK lapot büntetőpont levonása nélkül.)*

Miért nem lehet a startvonalat tollal meghúzni?

Mely festék(ek) áll(nak) egy, ill. több komponensből? Milyen színűek ezek a komponensek?

KÓDSZÁM:

Az egyes komponensek jellemzésére szolgál az ún. retenciós faktor, vagy R_f érték. Ezt úgy tudjuk meghatározni, hogy megmérjük az adott komponens foltja közepének távolságát a startvonalától, és elosztjuk az értéket a startvonal és a végső oldószerfront távolságával (ld. 3. ábra). Az R_f érték tehát 0 és 1 közötti szám, általában két tizedesjegyre adjuk meg. Ovális, vagy elhúzódtó foltok esetén a folt közepétől (a legsötétebb rész közepétől) mérje a távolságot! A lapot be kell majd adnia.



3. ábra

Határozza meg a tintákat alkotó festék komponenseinek R_f értékét!

Most, hogy sikeresen megismerkedtünk a VRK módszerével, nekiállhatunk a cukrok vizsgálatának. Itt mindjárt két problémával állunk szemben:

- 1.) Hogyan visszük fel a cukormintát a vékonyrétegre?
- 2.) Elválasztás után hogyan találjuk meg a színtelen cukrot a fehér lapon?

A minta felviteléhez a cukorból készült oldatot egy kapillárisba szívadjuk fel, és a kapillárisal, mint korábban a tollal, tudjuk a mintát felcseppenteni az alapvonalra. **Vigyázat! Az üvegapilláris csúnya sérüléseket okozhat! A munka során rendezetten egy főzőpohárban tartsa őket, vagy a minták mellett, amiknek a felvitelére használta.** Egy kapillárist lehetőleg csak egy mintához használjon. Ha szükséges, víz felszívásával majd papírvattához érintésével a kapilláris „elmosható”. A gyakorlat végén a **kapillárisokat a kihelyezett gyűjtőedénybe dobja!**

A cukrok vizsgálatára álló fázisként nem szűrőpapírt, hanem egy olyan lemezt használunk, ahol egy vastag alufólia hordozóra egyenletes rétegben szilikagélt ragasztottak. Ez a vékonyréteg különösen alkalmas céljainkra. Kezelése hasonló a szűrőpapíréhoz, pl. ollóval vágható és grafitlappal lehet jelölni. Az elválasztás a lap fehér oldalán történik.

Az elválasztásra használt eluens a cukrok esetén acetonitril (CH_3CN) és 1%-os vizes bórsavoldat 70:30 térfogatarányú elegye, melyet előre elkészítettünk.

Miután az elválasztás befejeződött, az állófázisra forró levegőt fújunk egy hőlégfúvó segítségével. Rövid idő alatt a cukrok barna foltok formájában tűnnek elő.

Mi a barna foltok megjelenésének magyarázata? Miért nem lehet ehhez az "előhíváshoz" szűrőpapírt használni vékonyréteggént?

Az asztalán talál 4 cukormintát (referencia anyagot): D-glükózt, D-fruktózt, szacharózt (répacukrot) és maltózt (malátacukrot). Van továbbá két ismeretlen minta is. Az anyagok ún. Eppendorf-csőben találhatóak. Oldja fel a mintákat 1-1 mL eluensben!

A korábbihoz hasonlóan jelölje meg a vékonyréteglap startvonalát. Mivel itt a minták – ellentétben a filctollal – nem látszanak, jelölje meg grafitlappal a felcsöppentés helyét is (Ügyeljen rá, hogy mind a hat minta elférjen!). Az egyes komponensek jelét a startvonal alá írja grafitlappal!

Miért nem főlé?

Az üvegapillárisok segítségével cseppentsen fel egy-egy cseppet a hat mintából a startvonalra. Igyekezzen minél kisebb foltokat készíteni. A felvitel során különösen vigyázzon, hogy ne fogja meg kézzel a lapot. **Óvatosan dolgozzon a kapillárisokkal!**

Várja meg, hogy a foltok teljesen megszáradjanak (ez 5-8 percet vehet igénybe). Fontos, hogy a foltok teljesen megszáradjanak, különben az elválasztás sikertelen lesz. Érdekes a foltok eltűnését követően még 3-5 percet várakozni.

Ezután töltsen az eluent a főzőpohárba, majd helyezze bele a lapot. Fedje le a főzőpoharat!

Ha az oldószerfront megközelíti a lap felső élét, vegye ki a lapot (csipesszel), és ceruzával jelölje meg a front helyét. Ez a kifejtés az eluens kisebb viszkozitása és a lap eltérő szerkezete miatt jóval gyorsabb: 5-7 percig tart.

Csipesszel tartsa a lapot egy hőlégfúvó (hőpuska) elé. A lapot addig hevítse a forró levegővel, míg a cukrok barna foltok formájában láthatóvá válnak.

Vigyázat! A hőlégfúvó nagyon forró levegőt fúj, mely könnyen okoz égési sérülést. A légsugár sose irányuljon saját maga, vagy más személy felé, sose fújjon éghető anyagra. A hőpuska közelében nem lehet gyúlékony anyag! A hőlégfúvó lerakásakor figyeljen arra, hogy a készülék fém fúvókája nagyon forró: ne érjen asztalhoz, emberhez, pláne a hálózati kábelhez.

Vigyázzon: előhívás után a vékonyréteglap is forró, várja meg, míg kihűl, csak ezután fogja meg kézzel!

A hőlégfúvó használatát a gyakorlat kezdetekor megmutatja a vezető tanár. Ha bizonytalan a használatban, kérjen segítséget!

Határozza meg a 4 referencia cukor R_f értékét!

Mi alkotja a két ismeretlent? Található az ismeretlenekben olyan komponens, amit nem tud azonosítani?

Most, hogy a cukrok vizsgálata sikeres volt „mesterséges” ismeretlenek esetén, lássuk, boldogulunk-e természetes mintákkal is!

Ebben a részfeladatban egy mézhamisítót buktatunk le. Az igazán jó méz ugyanis drága dolog, így sok himpellérnek túl nagy a kísértés, hogy a méhek munkáját egy kis mesterséges „tuninggal” gyorsítsa.

A vizsgálathoz egy valódi és egy hamis mézet tartalmazó „csuporból” az üvegbot segítségével vegyen 1-1 csepp mintát 2 üres Eppendorf-csőbe. Az üvegbotot a mintavételek között vízzel mossa le, és papírvattával törölje szárazra. A mintákat oldja fel 1-1 ml acetonitril-bórsavoldat eluensben.

Egy új vékonyréteglapra rajzolja fel a startvonalat, és cseppentse fel a referencia mintákat, a két mézmintával együtt.

Az előző eluens használatával fejlessze ki a vékonyréteget, majd hőlégfúvó segítségével hívja elő a cukrok foltjait.

Mely cukrok alkotják a mézet? Melyik van jelen nagyobb, melyik kisebb mennyiségben? Hogyan látható a mennyiségi arány a vékonyrétegen?

KÓDSZÁM:

Milyen idegen cukorkomponenst tartalmaz a hamisított méz?

Az asztalán talál egy zárható fóliatasakot. Írja rá a címkére a kódját, és helyezze bele a három részfeladathoz tartozó 3 vékonyréteglapot. Ha egy részfeladathoz több lapot is készített, akkor csak azt helyezze bele, amit a legjobbnak tart.

A vékonyréteglapokra adott pontszám:

A javító tölti ki!

KÓDSZÁM:

KÓDSZÁM:

3. feladat

Egy ecetsavszármazék vizsgálata

A szervesetlen vegyületek kristályaiba gyakran oldószermolekulák is beépülnek. Ezen senki sem lepődik meg, hisz a kristályvizes sók gyakori vendégei az OKTV-feladatlapoknak. Az már szokatlanabb dolog, hogy a kristályrácsba nemcsak víz, de számos más oldószer is beépülhet.

Ebben a feladatban egy élelmiszer-adalékként E262 névre hallgató anyaggal fogunk foglalkozni, mely a nátrium-acetát ecetsavval képzett kristálszolvátja. Az anyag vízben jól oldódik, a vizes oldata a felszabaduló kristályoldószer révén kellemesen savanyú, így savanyúságokhoz, instant szószokhoz előszeretettel használják.

A) Az E262 összetételének meghatározása

Egy kis Erlenmeyer-lombikban ismert mennyiségű E262-t talál (a minta tömege a lombikon található). Készítsen belőle 100 cm³ törzsoldatot!

A törzsoldat 10,00 cm³-es részleteit titrálja meg karbonátmentes NaOH-mérőoldattal, fenolftaleint használva indikátorként! A mérőoldat pontos koncentrációját az edényen találja.

Az NaOH-oldat megköti a levegő szén-dioxidját, így csökken a hatóértéke (ha fenolftaleinnel jelezzük a végpontot). A benne megkötött szén-dioxidot a végpont előtt ki kellene forralni az oldatból. Megfelelően készített és gondosan tárolt karbonátmentes mérőoldat esetén a kiforrálás elhagyható. Ezt tesszük most is.

Milyen reakcióegyenlet írja le a mérőoldat karbonátosodását?

--

A fenolftaleines indikációnál tehát fontos az NaOH-mérőoldat karbonátmentessége, ha ki akarjuk küszöbölni a forralást.

Miért nem kell attól tartanunk, hogy a titrálás közben a titrálandó oldatba szén-dioxid oldódik be a levegőből?

--

Fogyások:

--

Átlagfogyás:

--

KÓDSZÁM:

Számolja ki a kapott E262-minta összetételét! Adja meg a mért ecetsav:nátrium-acetát anyagmennyiség-arányt!

B) Oldatok készítése E262 felhasználásával

A rendelkezésre álló finomskálás indikátorpapír segítségével határozza meg a törzsoldat pH-ját! Határozza meg a pH érték pontosságát is, tehát adja meg azt a pH értéket, aminél az oldat biztos, hogy savasabb, és azt is, aminél a mérése alapján biztos, hogy bázikusabb!

pH =

A mérés pontossága: < pH <

Mérjen ki 10,00 cm³ E262-törzsoldatot egy tiszta titrálólombikba! Adjon hozzá 40 cm³ desztillált vizet!

Határozza meg a finomskálás indikátorpapírral ennek az oldatnak a pH-ját!

Az oldat pH-ja:

KÓDSZÁM:

Gondolja végig: hogyan függ az oldat pH-ja az E262 koncentrációjától? Válaszát indokolja meg!

5,1-es pH-jú oldatot kell készítenie az előző mérés során elkészített törzsoldat 20,00 cm³-éből a NaOH-mérőoldat felhasználásával.

Számítsa ki a szükséges NaOH-oldat térfogatát az ecetsav savi disszociációs állandója ($K_s = 1,75 \cdot 10^{-5}$) és a mért anyagmennyiség-arány ismeretében!

KÓDSZÁM:

Mérjen ki 20,00 cm³ E262-törzsoldatot egy tiszta titrálólombikba! A bürettából adagolja hozzá a szükséges mennyiségű oldatot!

Határozza meg a finomskálás indikátorpapírral ennek az oldatnak a pH-ját!

Az oldat pH-ja:

A kapott oldatot a titrálólombikban, kódjával feliratozva adja be a laborvezetőnek!

MELLÉKLET

Eszközök és anyagok listája

Minden versenyzőnek:

1 db kémcsőállvány, benne 10 db számozott kémcső az ismeretlenekkel, és 10 db üres kémcső
15 db műanyag Pasteur-pipetta
1 db kémcsőfogó
2 db 100 cm³-es magas főzőpohár
1 db 50 cm³-es magas főzőpohár
2 db óraüveg
2 db 30x60mm-es VRK papír (a zacskóban)
3 db 33x66mm-es szilika VRK lap (a zacskóban)
1 db 5 részes színes filctollkészlet
8 db kapilláris kémcsőben
4 ismert és 2 ismeretlen cukor Eppendorf-csőben
2 db üres Eppendorf-cső
1 db Eppendorf-tartó szivacs
1 db zacskó címkével
1 db ceruza
1 db vonalzó
1 db hőlégfúvó
100 cm³-es mérőlombik
szilárd E262 minta kis lombikban (kb. 1,5 g)
100 cm³ 0,1 M karbonátmentes NaOH-oldat
1 db 10,00 cm³-es pipetta
1 db 20,00 cm³-es pipetta
1 db buretta
2 db főzőpohár öntögetni
3 db titrálólombik
1 db kis tölcsér
1 db védőszemüveg
csipesz
üvegbot
1 flaska desztillált víz
papírvatta
1 db feladatlap, melléklettel

Asztalonként:

univerzál indikátorpapír
izopropil-alkohol, 30 ml/fő
eluenskeverék (70:30 acetonitril–vizes bórsavoldat), 30 ml/fő
fenolftalein indikátor
finomskálás indikátorpapír (pH 3,0-5,5)
gumikesztyű

Laboronként:

2 csupor méz, az egyik hamisított
kapillárisgyűjtő edény (laboronként 1)