



OKTATÁSI HIVATAL

**A 2021/2022. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
Döntő forduló**

**KÉMIA II. KATEGÓRIA
1. feladat**

**Budapest, 2022. március 19.
Javítási-értékelési útmutató**

*A feladat elvégzésére és a válaszlap kitöltésére összesen 135 perc áll rendelkezésére.
A rendelkezésre álló eszközök és anyagok listája a mellékletben található.
A kiadott eszközökön kívül kizárólag számológép és toll használható. Az eszközöket újr felhasználás esetén szükség szerinti alaposan mosogassa el! Egy eszköz vagy anyag pontlevonás nélkül pótolható, a továbbiakért a teljes forduló pontszámából veszít 1-1 pontot
A kódszámát minden lapra írja rá!*

Lugol-oldat kvantitatív analízise

A kálium-jodidos jódoldatot gyakran úgy használják, mintha a vízben egyébként rosszul oldódó elemi jód vizes, fertőtlenítő hatású oldata lenne. Bár az oldatban a jodidionokból és jódból egyensúlyi folyamatban trijodidion (I_3^-) és más polijodidok keletkeznek, minden további nélkül külön-külön is meg lehet határozni a két összetevő mennyiségét, sőt a Lugol-oldat összetételét célszerű is $I_2 + KI$ tartalom formájában megadni.

Egy ilyen meghatározási feladat várja ma a résztvevőket. Az oldat jodidtartalmát (argentometriáson) ezüst-nitrát-mérőoldattal, jódtartalmát (jodometriáson) pedig tioszulfát-mérőoldattal határozzák meg.

A jodidkoncentráció meghatározásának módszere

Az oldat analitikai pontossággal mért részletét desztillált vízzel $40-60\text{ cm}^3$ -re hígítjuk. 5-6 csepp para-etoxi-krizoidin (PEK) indikátor hozzáadása után az oldatot ezüst-nitrát-mérőoldattal titráljuk. A titrálás során a csapadék felületére adszorbeálódott indikátor színe vörös, majd a végpontban sárga színre vált. Ekkor a csapadék hirtelen kiülepedése is megfigyelhető.

Írja fel a titrálás rendezett ioneqyenletét!



1 pont

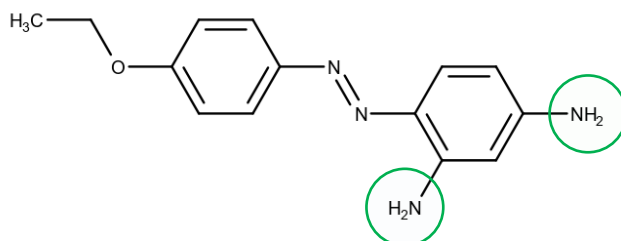
Az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyek megvalósulását az NTP-TMV-M-21-A0002 projekt támogatja



A para-etoxi-krizoidin indikátor szokatlan módon jelzi a végpontot. Általában az indikátor ugyanis a titrálási reakció típusának megfelelő folyamatban vesz részt (jelen esetben ez csapadékképzés lenne).

A para-etoxi-krizoidin azonban sav-bázis indikátor, a színváltozást sav-bázis folyamat (protonálódás vagy deprotonálódás) okozza. Átcsapási pH-tartománya: 4,3 – 5,8.

Karikázza be a PEK képletén azokat a csoportokat, amelyek vizes oldatban sav-bázis folyamatban vehetnek részt!



1 pont

A csapadékok felületén elsősorban a csapadék saját ionjai kötődnek meg. A leírt titrálás során az AgI felületén jobbra a feleslegben levő (negatív) jodidionok adszorbeálódnak. Ennélfogva a pozitív töltésű PEK ionok is megkötődnek a csapadékon. A titrálás végpontjában elfogy a jodidion, a csapadékrészecskék felülete semleges lesz, amin viszont a töltés nélküli PEK molekulák adszorpciója kedvezőbb, ezért változik a csapadék színe. A töltés nélküli részecskék között megszűnik a taszító kölcsönhatás, ezzel magyarázható a hirtelen leülepedés.

A fentiek alapján válaszolja meg a következő kérdéseket!

Milyen színű a PEK indikátor 4,3 pH alatt? **vörös**

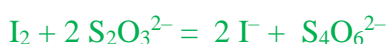
Milyen színű a PEK indikátor 5,8 pH fölött? **sárga**

1 pont

A jódkoncentráció meghatározásának módszere

A minta analitikai pontossággal mért részletét 40-60 cm³-re hígítjuk és nátrium-tioszulfát-mérőoldattal titráljuk. Amikor az oldat már halvány sárga, 8-10 csepp keményítő indikátort adunk hozzá, és a kék szín eltűnéséig titráljuk.

A jód és tioszulfáton (S₂O₃²⁻) reakciója során tetratioátion (S₄O₆²⁻) és jodidion keletkezik. Írja fel a rendezett ioneqyenletet!



1 pont

Az ismeretlen oldat vizsgálata

A kapott mintaoldat kb. 1,1 g/dm³ koncentrációjú jódra [M(I₂) = 253,8 g/mol] és 7,2 g/dm³ koncentrációjú kálium-jodidra [M(KI)=166,0 g/mol] nézve. A tioszulfát-mérőoldat 0,1 mol/dm³, az ezüst-nitrát-mérőoldat 0,05 mol/dm³ koncentrációjú.

Az egyes meghatározások indikátorai nem zavarják a másik mérést.

Milyen sorrendben érdemes és célszerű elvégezni a titrálásokat? Válassza ki a helyes betűjelet, majd választát indokolja meg!

- A) Ugyanazon oldatot először tioszulfát-, majd Ag^+ -mérőoldattal titráljuk.
 B) Ugyanazon oldatot először Ag^+ -, majd tioszulfát-mérőoldattal titráljuk.
 C) A mintaoldat egy részletét tioszulfát-, egy másik részletét pedig Ag^+ -mérőoldattal titráljuk.

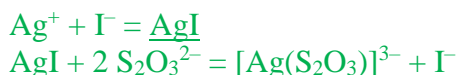
Az A) eljárást célszerű választani. A más eljárást választók eredményeit is kiértékeljük a továbbiakban.

Indoklás: Az oldat sötét sárgásbarna színe akadályozza a PEK indikátor színváltásának észlelését. Ezért először a jódtartalmat érdemes titrálni, majd a színtelen oldatban az eredeti és a jódból keletkezett jodidot.

2 pont

Érdemes arra is figyelni, hogy az egyes titrálásokban keletkező termékek reakcióba léphetnek a másik mérőoldattal. A tetratioáionok nem reagálnak.

Írja fel a két lehetséges reakció egyenletét!



2 pont

A két mérőoldat között is lehetséges reakció, erről sem szabad elfeledkezni.

Mire kell figyelni, hogy ez a reakció ne zavarja meg a mérést?

A mérőoldat cseréjekor a bürettát alaposan el kell mosni.
 Nem szabad túltitrálni az oldatot a tioszulfáttal.

1 pont

A minta és a mérőoldatok koncentrációja nem feltétlenül megfelelő a mérés pontos elvégzéséhez, így lehet, hogy vagy a minta-, vagy egyik, esetleg mindkét mérőoldatot hígítani kell.

A titrálások során fontos szempont, hogy a végpontig szükséges mérőoldat térfogata ne legyen se túl kevés (pl. 1-2 cm^3), se pedig nagyobb a büretta térfogatánál. Mivel a bürettánk 25 cm^3 -es, ideális esetben $20 \pm 5 \text{ cm}^3$ a mérőoldat fogyása.

Számítsa ki, hogy milyen koncentrációjú mérőoldatokkal kell titrálni, hogy kb. 20 cm^3 legyen a fogyás mindkét esetben 20 cm^3 térfogatú mintaoldatra! Kerekítse a legközelebbi olyan koncentrációra, amit a rendelkezésre álló eszközökkel pontosan el lehet készíteni!

Az oldatban $c_{\text{I}_2} = 0,00433 \text{ mol/dm}^3$ és $c_{\text{KI}} = 0,0434 \text{ mol/dm}^3$

Tioszulfát: $20 \text{ cm}^3 \cdot 0,00433 \text{ mol/dm}^3 \cdot 2 = 20 \text{ cm}^3 \cdot c$; $c = 0,00866 \text{ mol/dm}^3 \sim 0,01 \text{ mol/dm}^3$

mivel így 20 $\text{cm}^3 \cdot 0,00866 \text{ mol/dm}^3$ jodidion is keletkezik:

Ag^+ : $20 \text{ cm}^3 \cdot (0,0434 \text{ mol/dm}^3 + 0,00866 \text{ mol/dm}^3) = 20 \text{ cm}^3 \cdot c$;

$c = 0,0525 \text{ mol/dm}^3 \sim 0,05 \text{ mol/dm}^3$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -mérőoldat szükséges koncentrációja: kerekítve 0,01 mol/dm^3

AgNO_3 -mérőoldat szükséges koncentrációja: kerekítve 0,05 mol/dm^3

4 pont

Melyik oldatot kell meghígítani?

| | Hányszorosára? |
|--|----------------|
| Minta | – |
| Na ₂ S ₂ O ₃ -mérőoldat | 10 |
| AgNO ₃ -mérőoldat | – |

1 pont

Mely eszközöket használja a hígításhoz? Ha többet is hígít, az eszköz neve mellé írja oda a számot, amelynek a hígításához használta: minta: 1.; tioszulfát: 2; ezüst: 3.

100 cm³ mérőlombik
 200 cm³ mérőlombik
 100 cm³ főzőpohár
 25 cm³ főzőpohár
 50 cm³ mérőhenger
 100 cm³-es titrálólombik
 5 cm³ pipetta
 10 cm³ pipetta
 20 cm³ pipetta
 büretta

2 pont

Hogyan végezte a hígítást?

Pipettával kimérünk 10,00 cm³-t és mérőlombikban 100,0 cm³-re töltjük fel.
 Más, analitikailag helyes megoldás is elfogadható (pl. 20,00 cm³ hígítása 200,0 cm³-re).

Végezze el a titrálásokat! A korábban megadott tájékoztató értékektől való eltérés akár ±20 % is lehet!

Jegyezze le a felhasznált mérőoldat-térfogatokat!

| | AgNO ₃ -mérőoldattal | Na ₂ S ₂ O ₃ -mérőoldattal |
|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Mérőoldat pontos koncentrációja | 0,0498 mol/dm ³ | 0,01014 mol/dm ³ |
| Titrált mintatérfogat | 20 cm ³ | 20 cm ³ |
| Mért fogyások | | |
| | | |
| Elfogadott fogyás (átlag) | V ₁ | V ₂ |

Pontosság:

16+16 pont

1,5% hibán belül maximális, 7,5% hibán kívül 0, a kettő között a hibával arányos pontszám.
 A más beméréseket és hígításokat választók eredményeit is kiértékeljük.

Mennyi az eredeti (kiadott) mintaoldat bemérési I₂- és KI-koncentrációja?

jód: $20 \text{ cm}^3 \cdot c \cdot 2 = V_1 \text{ cm}^3 \cdot 0,01014 \text{ mol/dm}^3$; $c = \frac{0,01014 V_1}{40} \cdot M(\text{I}_2) \text{ g/dm}^3$
 jodid: $20 \text{ cm}^3 \cdot (c + 2 \cdot \frac{0,01014 V_1}{40}) = V_2 \text{ cm}^3 \cdot 0,0498 \text{ mol/dm}^3$;
 $c = (2,49 \cdot 10^{-3} V_2 - 5,07 \cdot 10^{-4} V_1) \cdot M(\text{KI}) \text{ g/dm}^3$
 I₂-koncentráció: $\frac{0,01014 V_1}{40} \cdot M(\text{I}_2) \text{ g/dm}^3$
 KI-koncentráció: $(2,49 \cdot 10^{-3} V_2 - 5,07 \cdot 10^{-4} V_1) \cdot M(\text{KI}) \text{ g/dm}^3$

2 pont

Összesen: 50 pont

A feladat összpontszáma 25 pont. (Kiszámítása: elért pont $\cdot \frac{1}{2}$)

MELLÉKLET**Eszközök és anyagok listája**

Eszközök:

- kesztyű (a laboratóriumban kitéve különböző méretekben)
- védőszemüveg (a laboratóriumban kitéve)
- 25 cm³-es büretta
- fehér csempe
- 25-50-100 cm³-es főzőpoharak
- 100,0 cm³-es mérőlombik
- 200,0 cm³-es mérőlombik
- 50,0 cm³-es mérőhenger
- 3 db 100 cm³-es titráló lombik
- 400 cm³ főzőpohár
- 5,00, 10,00, 20,00 cm³-es kétjelű pipetta
- alkoholos filc
- pipettázó labda
- cseppentő 1 db
- papírvatta

Vegyszerek:

- desztillált víz spriccflaskában
- 100 cm³ 0,1 M tioszulfát-mérőoldat (rajta a pontos koncentráció)
- 100 cm³ 0,05 M ezüst-nitrát-mérőoldat (rajta a pontos koncentráció)
- keményítő indikátor
- para-etoxi-krizoidin indikátor, PEK
- mintaoldat csiszoltdugós Erlenmeyer-lombikban, a versenyző sorszámával



OKTATÁSI HIVATAL

**A 2021/2022. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
Döntő forduló**

**KÉMIA II. KATEGÓRIA
2. feladat**

**Budapest, 2022. március 19.
Javítási-értékelési útmutató**

**Sav-bázis indikátorok vizsgálata és alkalmazása különböző pH-jú oldatok
azonosítására**

Minden versenyző négy indikátoroldatot kapott (betűvel jelzett kémcsövekben, kevert sorrendben). Az indikátorok a következők voltak:

| | | | |
|---------------------|----------------------|------------------------|------------------|
| neutrálvörös (NV) | vörös (pH < 4,4) | | sárga (pH > 6,2) |
| timolkék (TK) | vörös (pH < 1,2) | sárga (2,8 < pH < 8,0) | kék (pH > 9,6) |
| brómkrezolzöld (BZ) | sárga (pH < 3,8) | | kék (pH > 5,4) |
| timoftalein (TF) | színtelen (pH < 9,3) | | kék (pH > 10,5) |

A 8 darab 0,1 mol/dm³ koncentrációjú azonosítandó oldatot (sorszámozott kis lombikokban, kevert sorrendben) és 0,1 mol/dm³ koncentrációjú sósavat kaptak a versenyzők. Ezekhez az oldatokhoz térfogatmérésre is alkalmas cseppentőket kaptak. Ezenkívül 16 darab üres kémcső állt rendelkezésre az azonosítási kísérletek elvégzéséhez.

Az ismeretlenek a megadott disszociációs állandók alapján kémhatás szerint sorba állíthatók. Az alábbi táblázat az egyes ismeretlenek és a sósav becsült pH-ját (ennek kiszámítása nem volt elvárás a diákoktól, és nem is volt szükséges az azonosításhoz) és az egyes indikátorokkal adott színét tartalmazza. (Az átmeneti színek dőlttel szedve.)

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|-----------|------------|---------------------|---------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|
| | sósav | oxálsav | foszforsav | borkősav | aszcorbinsav | bórsav | Na ₂ HPO ₄ | Na ₃ PO ₄ | NaOH |
| pH | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,6 | 5,1 | 9,2 | 12,2 | 13,0 |
| NV | vörös | vörös | vörös | vörös | vörös | vörös | sárga | sárga | sárga |
| TK | vörös | vörös | piros | <i>narancspiros</i> | <i>narancssárga</i> | sárga | kék | kék | kék |
| BZ | sárga | sárga | sárga | sárga | sárga | <i>zöld</i> | kék | kék | kék |
| TF | színtelen | színtelen | színtelen | színtelen | színtelen | színtelen | színtelen | kék | kék |

Az Országos Középiskolai Tanulmányi versenyek megvalósulását az NTP-TMV-M-21-A0002 projekt támogatja



A fentiekből látható, hogy a két legsavasabb és a két leglúgosabb oldat kivételével a többi 4 megkülönböztethető egymástól. Ezek esetében az oldatok keverésével lehet eljárni, több lehetséges módon.

A Na_3PO_4 - és a NaOH -oldatok megkülönböztetése pl. sósavval lehetséges:

Pl. a sósavval 1:1 térfogatarányú elegyet készítünk mindkét oldattal. Ekkor $0,05 \text{ mol/dm}^3$ -es Na_2HPO_4 és NaCl oldatot kapunk, amelyek pH-ja kb. 9,2 és 7,0. (A pH-k pontos ismerete nélkül is becsülhető, hogy az Na_2HPO_4 -oldat pH-ja nagyobb.) Az indikátorokkal megvizsgálva ezeket az oldatokat, találunk olyat (timolkék), amellyel megkülönböztethetők.

Az így azonosított NaOH -oldat segítségével tudjuk megkülönböztetni az oxálsav- és foszforsavoldatokat:

Pl. a NaOH -oldattal 1:1 térfogatarányú elegyet készítünk mindkét oldattal. Ekkor $0,05 \text{ mol/dm}^3$ -es $\text{NaH}(\text{COO})_2$ - és NaH_2PO_4 -oldatot kapunk, amelyek pH-ja kb. 2,8 és 4,5 lesz. (A pH-k pontos ismerete nélkül is becsülhető, hogy a nátrium-hidrogén-oxalát-oldat pH-ja a kisebb.) Az indikátorokkal megvizsgálva ezeket az oldatokat, találunk olyat (brómkrezolzöld), amellyel megkülönböztethetők.

Általában az egy- és többértékű savakat (pl. borkősav és aszkorbinsav) vagy bázisokat megfelelő mennyiségű sav és lúg adagolása után végzett összehasonlításokkal el lehet különíteni egymástól.

A fenti táblázat segítségével átcsapási pH-juk szerinti növekvő sorba tudjuk rendezni az indikátorokat (a timolkék a két átcsapás miatt kétszer kell, hogy szerepeljen):

timolkék < brómkrezolzöld < neutrálvörös < timolkék < timolftalein

Értékelés:

1. Észlelések – ha ilyen jellegű vizsgálatokat végez a versenyző **(4 pont)**

| | |
|-----------------------------|--------|
| sósav + indikátorok: | 1 pont |
| ismeretlenek + indikátorok: | 1 pont |
| elegyítések + indikátorok: | 2 pont |

2. Az ismeretlen oldatok azonosítása **(16 pont)**

| | |
|--------------------|--------|
| helyes azonosítás: | 1 pont |
| helyes indoklás: | 1 pont |

3. A háromszínű indikátor azonosítása és színei **(2 pont)**

4. A kétszínű indikátorok színei (ld. a fenti táblázatban félkövérrrel szedve) **(3 pont)**

| | |
|------------------|--------|
| indikátoronként: | 1 pont |
|------------------|--------|

5. Az átcsapási pH-k sorrendje **(5 pont)**

Összesen: 30 pont

A feladat összpontszáma 25 pont. (Kiszámítása: elért pont $\cdot \frac{5}{6}$)