



OKTATÁSI HIVATAL

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

**KÉMIA I. KATEGÓRIA
1. feladat**

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

A feladat elvégzésére és a válaszlap kitöltésére összesen 120 perc áll rendelkezésére.

A rendelkezésre álló eszközök és anyagok listája a mellékletben található.

A kiadott eszközökön kívül kizárólag számológép és toll használható. Az eszközöket újrafelhasználás esetén szükség szerinti alapossággal mosogassa el! Egy eszköz vagy anyag pontlevonás nélkül pótolható, a továbbiakért a teljes forduló pontszámából veszít 1-1 pontot

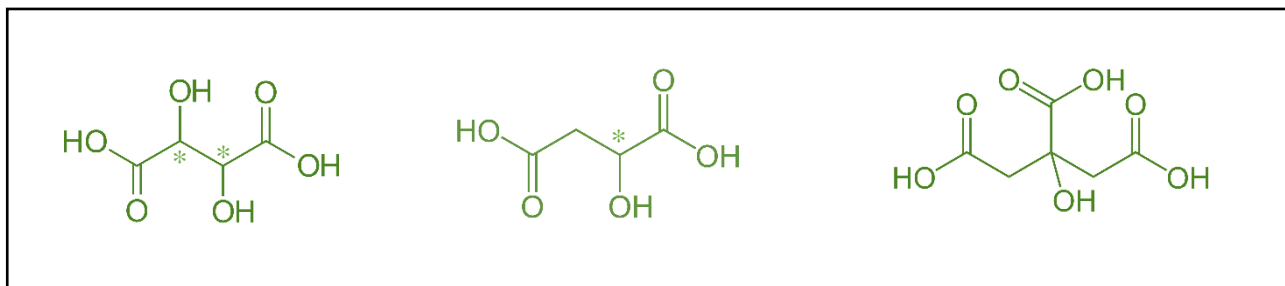
A kérdésekre adott válaszait alaposan, számolásokkal indokolja!

A kódszámát minden lapra írja rá!

Citrompótló tableta hatóanyag-tartalmának meghatározása

Ma már sokféle citrompótló tableta kapható, eltérő hatóanyaggal: borkősavat (2,3-dihidroxi-butándisav), almasavat (2-hidroxi-butándisav) és citromsavat (2-hidroxi-propán-1,2,3-trikarbonsav) egyaránt alkalmaznak erre a célra. A hatóanyag mellett a tableta egyéb összetevőket is tartalmaz, így például magnézium-sztearátot és talkumot (más néven: zsírkő), amelyek csomósodást gátló anyagként vagy a gyártás során szükséges síkosítóként fejtik ki hatásukat. Ebben a feladatban egy ilyen, **citromsavtartalmú** tablettát kell vizsgálnia.

Rajzolja fel a három szóba jöhető hatóanyag szerkezeti képletét, és jelölje a kiralitáscentrumokat csillaggal!



3 pont

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



A hatóanyag-tartalmat visszamérési cerimetriás titrálással határozzuk meg. Cérium(IV)-ionok pontosan ismert mennyiségének hozzáadásával a citromsavat szén-dioxiddá és hangyasavvá oxidáljuk, majd a cérium(IV)-ionok feleslegét vas(II)-mérőoldattal [vas(II)-szulfát-oldat] titráljuk. A vas(II)-mérőoldat pontos koncentrációját is a cérium(IV)-oldat segítségével határozzuk meg.

Egészítse ki és rendezze a két folyamat reakcióegyenletét! (A citromsavban az oxigénatomokhoz kapcsolódó szénatomok szén-dioxiddá oxidálódnak, a többi szénatom hangyasavvá.)



3 pont

Először 100,0 cm³ törzsoldatot kell készítenie az elporított tableta előre kimért, kb. 0,22 g tömegű részletéből. A rosszul oldódó összetevőkkel ne foglalkozzon! Ennek a törzsoldatnak a részleteit vizsgálja később.

A következő receptek nem tartalmazzak fontos térfogatokat. Ezeket önállóan kell kiválasztania.

A kb. 0,1 mol/dm³-es vas(II)-mérőoldat pontos koncentrációjának meghatározásához pipettával mérjen ki egy mintát az ismert, kb. 0,1 mol/dm³ koncentrációjú cérium(IV)-szulfát-oldatból, és savanyítsa meg 25 cm³ 20%-os kénsavoldattal! A keveréket titrálja meg a kb. 0,1 mol/dm³-es vas(II)-mérőoldattal. Egy csepp ferroin indikátoroldat hozzáadása után titráljon. A végpontnál halványzöldből éles váltással piros lesz az oldat.

Az elporított tablettából készített törzsoldat pipettával kimért **megfelelő részletét** savanyítsa meg 25 cm³ 20%-os kénsavoldattal, és pipetázzon hozzá ismert mennyiségű 0,1 mol/dm³-es cérium(IV)-szulfát-oldatot és egy csapott kanál (az eszköz nagyobb kanala, kb. 0,3 g) szilárd MnSO₄-et! Melegítse fel az elegyet kb. 70 °C-ra (a titráló lombik alját ilyenkor már nem tudja megfogni). Néhány perc után hűtse le a lombikot folyó csapvíz alatt, és a cérium feleslegét titrálja meg a kb. 0,1 mol/dm³-es vas(II)-mérőoldattal. Egy csepp ferroin indikátoroldat hozzáadása után titráljon. A végpontnál halványzöldből éles váltással piros lesz az oldat.

Számítással tervezze meg, milyen térfogatokat érdemes használnia az ismeretlen és ismert koncentrációjú oldatokból, ha legfeljebb 10 cm³ körüli fogyást szeretne kapni, és a citromsavtableta legalább 50% hatóanyagot tartalmaz!

A pontos meghatározásnál nagyjából azonos koncentrációk vizsgálatáról van szó, 10,00 cm³ 0,841 mol/dm³ cériumoldatot érdemes titrálni, a várható fogyás 8,4 cm³.

A citromsav esetében cériumfeleslegre van szükség. 20,00 cm³ cériumoldat biztosan szükséges, amiben kb. 1,6 mmol Ce(IV) van.

A tableta 0,57-1,14 mmol citromsavat tartalmaz, ami 8-16 mmol Ce(IV)-gyel reagálna. A törzsoldat tizedét, 10 cm³-t érdemes tehát kimérni.

3 pont

Végezze el a mérést!

A fogyások a vas(II)-koncentráció meghatározása során:

Az átlagfogyás:

$V_1 \text{ cm}^3$ 0,15 cm^3 hibán belül maximális, 1,35 cm^3 hibán kívül 0, a kettő között a hibával arányos pontszám.

12 pont

A fogyások a minta vizsgálata során:

Az átlagfogyás:

$V_2 \text{ cm}^3$ 0,15 cm^3 hibán belül maximális, 1,35 cm^3 hibán kívül 0, a kettő között a hibával arányos pontszám.

12 pont

A két titrálás esetében ugyanaz a folyamat jelzi a titrálás végpontját, mégpedig a ferroin redoxiindikátor két formájának átalakulása. Ezeknek a színe kék, illetve piros.

Melyik az oxidált és melyik a redukált?

Kék: oxidált Piros: redukált

1 pont

A végponton felül is megfigyelhetők további színváltozások a titrálás során, és a végpontnál sem kék-piros változást látunk. Milyen további színváltozást figyel meg, és hogyan magyarázza a színeket?

A titrálendő oldatok kezdetben élénksárgák, ez a reakció folyamán elhalványul, és az indikátor kékjével halványzöldet ad. Tehát a cérium(IV)-ion sárga.

1 pont

Mi volt a vas(II)-oldat pontos koncentrációja?

$$c(\text{Fe(II)}) = 10 \text{ cm}^3 \cdot c(\text{Ce(IV)}) / V_1$$

1 pont

Számítsa ki a citrompótló tablettá tömegszázalékos citromsavtartalmát, ha feltételezzük, hogy más komponens nem vett részt a reakciókban!

$$\text{A citromsavval elreagált } n(\text{Ce(IV)}) = 20 \text{ cm}^3 \cdot c(\text{Ce(IV)}) - V_2 \cdot c(\text{Fe(II)}).$$

$$\text{A citromsav teljes mennyisége: } n(\text{Ce(IV)}) M(\text{citromsav}) \cdot 10 : 14.$$

3 pont

Összesen: 39 pont

A feladat összpontszáma 25 pont. (Kiszámítása: elért pont $\cdot \frac{25}{39}$)

MELLÉKLET

Eszközök és anyagok listája

Minden versenyzőnek:

150 cm³ kb. 0,1 mol/dm³ cérium(IV)-szulfát-mérőoldat (pontos koncentrációval)
150 cm³ kb. 0,1 mol/dm³ vas(II)-szulfát-mérőoldat (frissen készítve, pontos koncentráció meghatározandó)
200 cm³ 20% kénsav
kis Erlenmeyer-lombik, benne kb. 0,22 g porított tableta
25 cm³-es mérőhenger
100 cm³-es mérőlombik
12 cm³-es buretta
1 db 20 és 2 db 10 cm³-es pipetta
pipettalabda
kis tölcsér
3 db főzőpohár (1 kuka, 2 pedig öntögetéshez)
fehér csempe
flaska desztillált víz
3 db titrálólombik

védőszemüveg
műanyag Pasteur-pipetta
papírvatta
feladatlap, melléklettel

Asztalonként:

ferroin indikátor
gumikesztyű
rezsó a melegítéshez



OKTATÁSI HIVATAL

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

**KÉMIA I. KATEGÓRIA
2. feladat**

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

*A feladat elvégzésére és a válaszlap kitöltésére összesen 70 perc áll rendelkezésre.
Egy anyag pontlevonás nélkül utántölthető, a továbbiakért a teljes forduló pontszámából
veszít 1-1 pontot.*

*Az eszközöket újrafelhasználás esetén szükség szerinti alaposággal mosogassa el! A
válaszait alaposan indokolja! A kódszámát minden lapra írja rá!*

Oldatok azonosítása

Az asztalán található:

- 1 db kémcsőállvány 15 db üres kémcsővel,
- 10 db számozott kis edény az alábbiakban felsorolt oldatokkal és műanyag cseppentőkkel,
- desztillált vizes flaska.

A számozott edényekben – ismeretlen sorrendben – a következő anyagokat találja:

- 5%-os H_2O_2 -oldat;
- 2 mol/dm^3 HCl-oldat;
- $0,5 \text{ mol/dm}^3$ FeCl_3 -oldat $0,4 \text{ mol/dm}^3$ HCl-ben oldva;
- $0,5 \text{ mol/dm}^3$ NaHCO_3 -oldat;
- $0,2 \text{ g/dm}^3$ vizes metilnarancsoldat;
- $0,2 \text{ mol/dm}^3$ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -oldat néhány csepp HNO_3 -mal megsavanyítva;
- $0,1 \text{ mol/dm}^3$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldat;
- $0,1 \text{ mol/dm}^3$ KI-oldat;
- desztillált víz;
- Lugol-oldat, $c(\text{I}_2) = 0,01 \text{ mol/dm}^3$, $c(\text{KI}) = 0,1 \text{ mol/dm}^3$

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



Hasznos információk

- A metilnarancs színváltása pH = 3,5 közelében van.
- A vas(III)-ionok színe erősen függ a koordináló ligandumoktól; pl. a $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ -ion gyakorlatilag színtelen.
- A narancsszínű dikromátion ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) vizes oldatban pH = 6 környékén egyensúlyi reakcióban sárga kromátionná (CrO_4^{2-}) alakul:

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+$$
- A dikromátion erős oxidálószer, különösen savas közegben. Redukciója során általában a kékeszöld színű Cr^{3+} ionná alakul.

Az oldatok színe, jellemző reakciói és azok magyarázata

H_2O_2 <i>színtelen</i>	A $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldat zöldeskék lesz, miközben gáz fejlődik. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O}_2 + 8 \text{H}^+ = 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{O}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$ A KI-oldattal sárgásbarna lesz, miközben gáz fejlődik. $2 \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{OH}^- + \text{I}_2 \qquad 2 \text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ A Lugol-oldattal hasonlóan reagál, ott az oldat sötétedése figyelhető meg. A Fe^{3+} a jodidhoz hasonlóan katalizálja a bomlását.
HCl <i>színtelen</i>	A metilnarancs megvörösödik. A NaHCO_3 -oldattal gáz fejlődik: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ A $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -oldat megsárgul (klorokomplex képződése miatt).
FeCl_3 <i>sárgás</i>	KI-oldattal megbarnul, a Lugol-oldat sötétedik: $2 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{I}^- = 2 \text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ H_2O_2 -oldattal gáz fejlődik: $2 \text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ A metilnarancssal megvörösödik. Az NaHCO_3 -oldattal gáz fejlődik: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, felesleggel csapadék. $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{HCO}_3^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{CO}_2$
NaHCO_3 <i>színtelen</i>	A Lugol-oldat enyhén világosodik: $\text{I}_2 + 2 \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{OI}^- + \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$ Sósavval gáz fejlődik: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ Vas(III)-tartalmú oldatokkal gáz fejlődik: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldat színe citromsárga felé mozdul: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+$
metilnarancs <i>sárgás</i>	A savas kémhatású oldatokkal (sósav, vas(III)-oldatok) megvörösödik.
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ <i>színtelen</i>	KI-oldattal megbarnul, a Lugol-oldat sötétedik: $2 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{I}^- = 2 \text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ H_2O_2 -oldattal gáz fejlődik: $2 \text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ A metilnarancssal megvörösödik. Az NaHCO_3 -oldattal gáz fejlődik: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, felesleggel vörös va(III)-hidroxid csapadék

$K_2Cr_2O_7$ <i>sárgás</i>	H_2O_2 -oldattal zöldekék lesz, miközben gáz fejlődik. $Cr_2O_7^{2-} + 3 H_2O_2 + 8 H^+ = 2 Cr^{3+} + 3 O_2 + 7 H_2O$ Savas közegben (sósavval) a KI-oldat megbarnul, a Lugol-oldat sötétedik: $Cr_2O_7^{2-} + 6 I^- + 14 H^+ = 2 Cr^{3+} + 3 I_2 + 7 H_2O$
KI <i>színtelen</i>	Savas közegben (sósavval) a $K_2Cr_2O_7$ -oldat megbarnul: $Cr_2O_7^{2-} + 6 I^- + 14 H^+ = 2 Cr^{3+} + 3 I_2 + 7 H_2O$ A H_2O_2 -oldattal sárgásbarna lesz, miközben gáz fejlődik. $2 I^- + H_2O_2 = 2 OH^- + I_2$ $2 H_2O_2 = 2 H_2O + O_2$ A vas(III)-oldatokkal megbarnul: $2 Fe^{3+} + 2 I^- = 2 Fe^{2+} + I_2$
Lugol-oldat <i>sárgás</i>	Savas közegben (sósavval) a $K_2Cr_2O_7$ -oldat megbarnul: $Cr_2O_7^{2-} + 6 I^- + 14 H^+ = 2 Cr^{3+} + 3 I_2 + 7 H_2O$ A H_2O_2 -oldattal sötétebb lesz, miközben gáz fejlődik. $2 I^- + H_2O_2 = 2 OH^- + I_2$ / $2 H_2O_2 = 2 H_2O + O_2$ A vas(III)-oldatokkal sötétebb lesz: $2 Fe^{3+} + 2 I^- = 2 Fe^{2+} + I_2$ $NaHCO_3$ -oldattal enyhén világosodik: $I_2 + 2 OH^- \rightleftharpoons OI^- + I^- + H_2O$

Az egyes oldatok azonosításához nem kellett minden itt szereplő változást rögzíteni, ill. reakcióegyenletet felírni.

Az ismeretlen helyes azonosítása: 2 pont

Az egyértelmű azonosításhoz használt kísérlet(ek) tapasztalatai és azok magyarázata: 1 pont

Összesen: 27 pont

A feladat összpontszáma 25 pont. (Kiszámítása: elért pont $\cdot \frac{25}{27}$)