



OKTATÁSI HIVATAL

**A 2022/2023. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
döntő forduló**

**KÉMIA II. KATEGÓRIA
1. feladat**

Budapest, 2023. március 18.

Javítási-értékelési útmutató

Sav-bázis reakciók követése pH-mérő segítségével

A kémiaversenyek során megszokhattuk, hogy a sav-bázis titrálások során a végpontot festékindikátorok színváltása jelzi. Mára a digitális pH-mérők ára drasztikusan leesett, az egyszerű felépítésű kézi készülékek gyakran olcsóbbak, mint egy tekercs indikátorpapír, és az ABC-ben is kaphatóak. A gyakorlaton kipróbáljuk, hogy pH-mérő segítségével hogyan tudjuk a sav-bázis reakciókat követni.

A pH-mérő alsó részén található a mérő szenzor (ún. üvegelektrod, 1. ábra, 4.). Ez nagyon törékeny, a munka során ne érjen hozzá, és ne üsse oda semmihez!

A munka megkezdése előtt távolítsa el a pH-mérő alsó végét védő műanyag kupakot (6). A készüléket fogja állványba, és lógassa bele egy 250 ml-es főzőpohárba úgy, hogy a 150 ml-es jel a készülék MIN és MAX jelzése (5) közé essen. Ha a folyadékszint nem éri el a MIN jelzést, akkor nem kapunk pontos értéket, ha a folyadék a MAX jelzés fölé ér, akkor károsodhat a készülék. Ha a készülékre folyadék fröccsen, akkor gyorsan törölje szárazra papírtörülkövel!

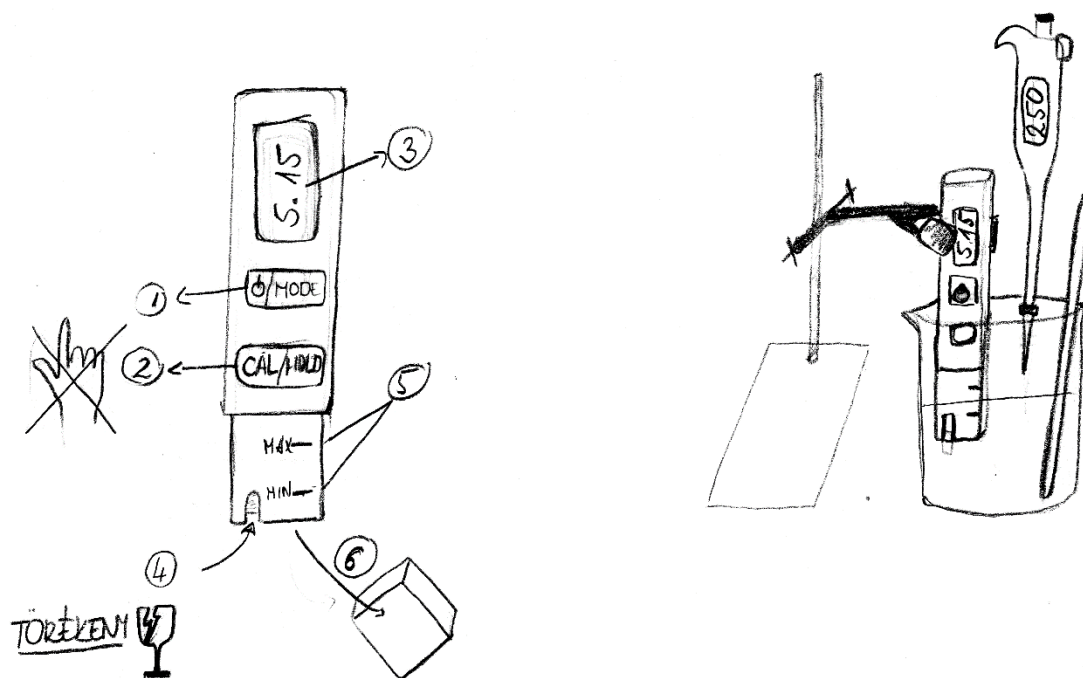
A készüléken két „gomb” található. A felső (☺/MODE, 1) segítségével lehet a készüléket bekapcsolni. Ha egyszer nyomjuk meg, akkor pH-mérési módba kerül a készülék, ha többször, akkor a pH-mérés, hőmérsékletmérés, és kalibráció opciók között lehet váltani. Kizárólag a pH-mérés funkciót használja! A felső gomb hosszú megnyomásával lehet a készüléket kikapcsolni. Az alsó gomb (2) a kalibráláshoz szükséges, ne használja a munka során!

Az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyek megvalósulását az NTP-TMV-M-22-A0002 projekt támogatja



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

 Nemzeti
Tehetség Program



1. ábra. A pH-mérő és használata

Mérések között a pH-mérő folyadékkal érintkező részét desztillált vízzel mossa le! Vigyázzon, hogy ne érje víz a készülék felső (zöld) részét! A készülék 5 perc után magától kikapcsol. Ilyen esetben a U/MODE gomb rövid megnyomásával a készülék újra bekapcsol, a munka folytatható. A munka végeztével az alapos vizes lemosást követően a műanyag részeket törölje meg papírtörölővel. Ne érjen hozzá az üvegelektroódhoz! Végül helyezze vissza a védőkupakot (6)!

Ha bizonytalan a készülék használatával kapcsolatban, akkor kérjen segítséget! Ha véletlenül belép a kalibrálás üzemmódba, akkor mindenképpen szóljon a gyakorlatvezetőnek!

Automata pipetta használata

Az oldatok kiméréséhez nem pipettát és bürettát, hanem automata pipettát fogunk használni. Ez az eszköz kis térfogatok (0,200-1,000 ml) pontos és gyors kimérését teszi lehetővé.

Használata:

1. A folyadékot nem közvetlenül a pipettába szívjuk fel, hanem a készülék végére illesztett (ráhúzott) egyszer használatos műanyag pipettahegybe (2. ábra, 1). A folyadék csak ezt érintheti. Figyelni kell a szoros, jól záró érintkezésre, különben csepeghet a pipetta. Egy pipettahegyet csak egyféle oldat mérésére használjon!
2. Beállítjuk a mérendő térfogatot a nyomógomb (2) tekerésével. Az aktuális értéket a pipetta oldalán található kijelzőn tudjuk leolvasni (3) mikroliter egységben (pl. a 750 érték 0,75 cm^3 -t jelent).
3. Első ütközésig lenyomjuk a dugattyút (III, A), és ezzel a levegőt kiszorítjuk a pipettából.
4. A pipettahegy végét a folyadékba merítjük (II), és lassan felengedve a gombot éppen a beállított térfogatot szívjuk fel a pipettahegybe (IV). Fontos, hogy a felengedés lassan történjen (kb. 1-2 másodperc), különben a felszívott oldat a pipetta belsejébe spriccelhet. Figyeljünk arra

is, hogy felszívás közben a hegy végig az oldat szintje alatt legyen, azaz ne szívjunk levegőt. Természetesen csak a hegy alsó 1-2 cm-es részét süllyesszük az oldatba, a pipettát magát soha!

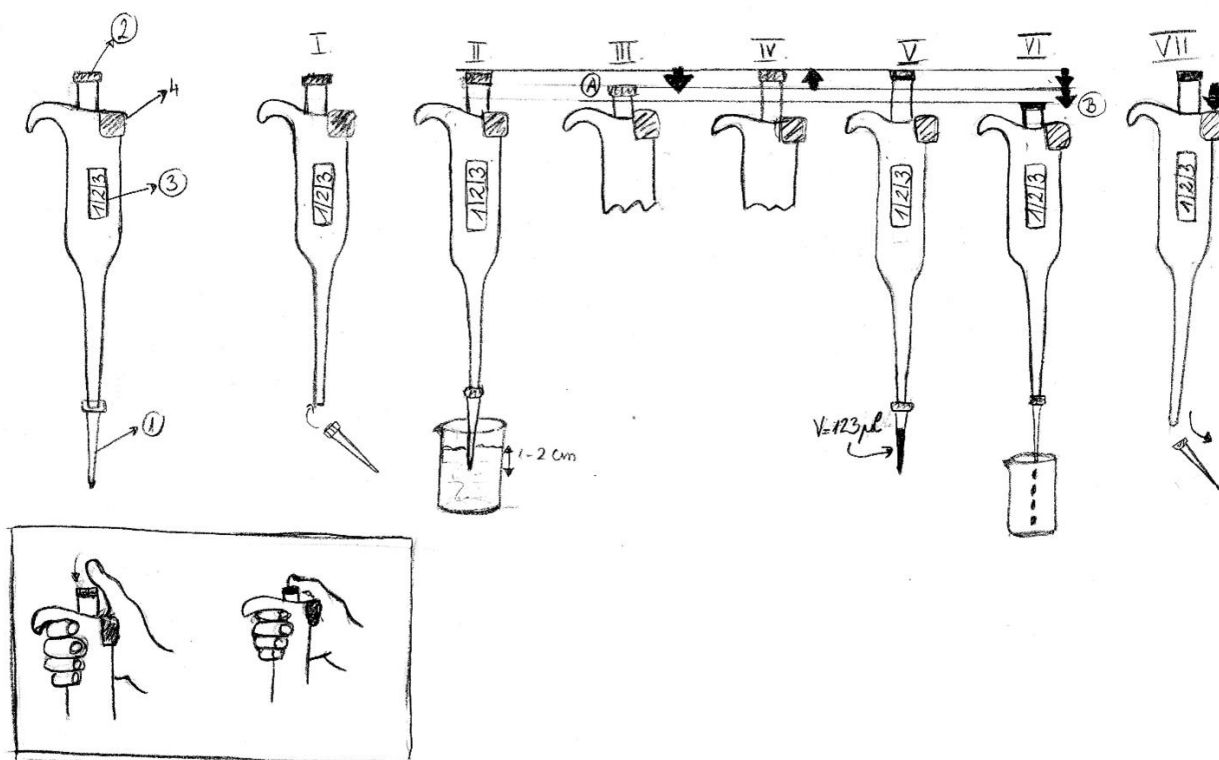
5. A céledénybe juttatjuk a folyadékot a dugattyú lenyomásával (VI). Ha az első ütközés után is tovább toljuk a dugattyút végleges ütközésig (B), akkor a folyadék teljes mennyiségét eltávolítjuk a hegyből. Fontos, hogy a hegy a kiürítése során ne érjen bele a főzőpohárban lévő oldatba, hisz így elszennyeznék a pipettahegyet. Kiürítéskor a pipetta végét tartjuk az oldat felett, és egy erőteljes mozdulattal spricceljük bele a folyadékot a főzőpohárba (hogy minél gyorsabban elkeveredjen).

6. Ha új oldatra váltunk a pipetázás során, akkor mindenképpen cseréljük le a hegyet egy tisztára! Egy külön gomb segítségével tudjuk a hegyet leválasztani a pipettáról (4, VII). Természetesen a mérőoldat ismételt adagolásához használhatjuk ugyanazt a hegyet.

Vigyázzunk, nehogy véletlenül oldatot szívjunk a pipetta belsejébe. Ha ez előfordulna, akkor mindenképpen kérjünk segítséget a gyakorlatvezetőtől.

A munka megkezdése előtt érdemes desztillált víz segítségével begyakorolni a készülék használatát.

A pH-mérő és az automata pipetta használatát a gyakorlat elején a felügyelők bemutatják.



2. ábra. Az automata pipetta használata

Sósav és ecetsavoldatok mérése

Az automata pipetta segítségével mérjen be 1,000 ml sósavat a 250 ml-es főzőpohárba! Öntsön a főzőpohárba annyi desztillált vizet, hogy az a 150 ml-es jelzésig érjen! Helyezzen egy üvegbotot a pohárba, keverje meg, majd süllyessze bele az állványba fogott pH-mérőt úgy, hogy a folyadékszint a MIN és a MAX jelzés közé essen!

Adjon a pohár tartalmához 5 csepp timolkék indikátort, és kapcsolja be a pH-mérőt!

Adjon 0,3 ml-es részletekben annyi 0,5000 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldatot a pohár tartalmához, hogy a pH végül elérje a 11-es értéket! Fontos, hogy a részletek hozzáadása után az üvegbottal keverje meg a pohár tartalmát! Olvassa le a pH-t akkor, amikor már nem változik érdemben az érték a kijelzőn. Az utolsó számjegy 1-2 értéknyi változása gyakorlatilag nem változtat az eredményeken, ezért ne várjon az érték végső stabilizálódására néhány másodpercnél többet.

Minden hozzáadott részlet után jegyezze fel a mért pH-értéket a külön lapon található táblázatban! Figyelje és rögzítse a timolkék indikátor színváltozását is!

Ha a méréssel végezett, akkor desztillált vízzel mossa ki a főzőpoharat, öblítse el a pH-mérőt és az üvegbotot, majd ismétlje meg a mérést 1,000 ml ecetsavoldattal is!

Ábrázolja a két mérés eredményeit (a mért pH-t a hozzáadott NaOH-oldat térfogata függvényében) egy milliméterpapíron, és jelölje az indikátor színváltási tartományát is!

Milyen színeket mutatott az indikátor a mérések során?

Piros, sárga, kék.

2 pont

Az ábrázolt grafikonokon jelölje be az ekvivalenciapontot, és olvassa le a hozzá tartozó fogyás értéket (ami nem biztos, hogy pontosan egybeesik az adagolt térfogatok valamelyikével)!

A mérőoldat fogyása az ekvivalenciapontig:

a sósav vizsgálata során: cm³

az ecetsavoldat vizsgálata során: cm³

3-3 pont az elvégzett mérésért (megfelelő mérési pontok száma, végigmérte-e a versenyző)

1-1 pont a mérési pontok helyes ábrázolásáért milliméterpapíron

2-2 pont a helyes érték leolvasásáért (2 pont $\pm 0,2$ cm³-en belüli egyezés, 1 pont ennél nagyobb eltérés esetén, ha az kisebb $\pm 0,5$ cm³-nél, ennél nagyobb eltérés 0 pont)

3-3 pont a mérés pontossága (3 pont $\pm 0,2$ cm³-en belül, 0 pont $\pm 0,5$ cm³-nél nagyobb eltérés esetén. A két érték között lineáris összefüggés alapján.

18 pont

Számolja ki a két savoldat koncentrációját!

1-1 pont a helyes számolásért

$$c(\text{sav}) = V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) / V(\text{sav})$$

A sósav koncentrációja: mol/dm³

Az ecetsavoldat koncentrációja: mol/dm³

2 pont

Ha pH-mérő helyett csak az indikátorra hagyatkoztunk volna, akkor milyen színátmenet jelezte volna az ekvivalenciapont elérését?

A sósav mérése esetén: sárga – kék 1 pont

Az ecetsav mérése esetén: sárga – kék 1 pont

2 pont

A sósav erős, míg az ecetsav gyenge sav. Hogyan jelenik ez meg a diagramokon? Mi utal arra, hogy a két sav erőssége eltérő?

Gyenge sav esetén kb. azonos koncentráció esetén magasabb a kezdeti pH, és ez a titrálás elején gyorsabban nő. Kisebb és elnyújtottabb a pH változás az ekvivalenciapont közelében. Az ekvivalenciapont a bázisos tartományba esik.

2 pont

Az ecetsav mérése során mennyi volt az oldat pH-ja akkor, amikor az ecetsav 50%-a reagált el? Ezen érték felhasználásával számolja ki az ecetsav K_s értékét!

pH 50%-os átalakulásnál:

Számolás:

50 %-os átalakulásnál $K_s = [\text{H}^+]$, tehát

$$K_s = 10^{-\text{pH}}$$

1 pont helyes érték leolvasása, 2 pont a helyes összefüggés megállapítása, 1 pont a helyes számolás.

Az ecetsav K_s értéke:

4 pont

Erős és gyenge sav keverékének mérése

A feladat második részében egy sósavból és *p*-nitrofenolból (pNF) álló keverék összetételét fogjuk meghatározni.

Pipettázzon 1,000 ml ismeretlen oldatot a főzőpohárba! Adjon hozzá annyi desztillált vizet, hogy a folyadékszint a 150-es jelig érjen! Adjon az oldathoz 5 csepp timolkék indikátort! Vizsgálja az oldatot az előbbi kísérlethez hasonlóan 0,3 ml-es részletekben adagolva a 0,5000 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldatot addig, míg a pH eléri a 11-es értéket!

Minden hozzáadott részlet után jegyezze fel a mért pH értéket a külön lapon található táblázatban!

Ábrázolja a mérési eredményeit (a mért pH-t a hozzáadott NaOH-oldat térfogata függvényében) egy milliméterpapíron, és jelölje az indikátor színváltási tartományát is!

Melyik lépcső („pH-ugrás”) tartozik a para-nitrofenolhoz?

- Az első.
 A második.
 Mindkettő.
 Nem lehet eldönteni.

1 pont

Állapítsa meg az ekvivalenciapontokat!

Fogyás a minta HCl-tartalmára: ml

Fogyás a minta pNF-tartalmára ml

1 pont a mérési pontok helyes ábrázolásáért milliméterpapíron

2-2 pont a helyes érték leolvasásáért (2 pont $\pm 0,2$ cm³-en belüli egyezés, 1 pont ennél nagyobb eltérés esetén, ha az kisebb $\pm 0,5$ cm³-nél, ennél nagyobb eltérés 0 pont)

3-3 pont a mérés pontossága (3 pont $\pm 0,2$ cm³-en belül, 0 pont $\pm 0,5$ cm³-nél nagyobb eltérés esetén. A két érték között lineáris összefüggés alapján.

11 pont

Számolja ki a minta HCl- és pNF-koncentrációját!

$$c(\text{HCl}) = V(\text{NaOH}, 1. \text{ ekv. pont}) \cdot c(\text{NaOH}) / V(\text{elegy}) \quad 1 \text{ pont}$$

$$c(\text{pNF}) = (V(\text{NaOH}, 2. \text{ ekv. pont}) - V(\text{NaOH}, 1. \text{ ekv. pont})) \cdot c(\text{NaOH}) / V(\text{elegy}) \quad 2 \text{ pont}$$

A minta HCl-koncentrációja: mol/dm³

A minta pNF-koncentrációja: mol/dm³

3 pont

A pNF gyenge sav. Mi utal erre a pH-diagramon?

A sósavtól jól elkülöníthető, a bázisos tartományba eső pH-ugrást észlelünk.
(A pH-ugrás kisebb és elnyújtottabb, mint a sósav esetén.)

2 pont

Az oldat színe lúgos közegben megváltozott az előző mérésekhez képest.

Mi lehet ennek az oka? (Tipp: egy kis főzőpohárban végezzen kísérletet indikátor használata és pH-mérés nélkül!)

A *p*-nitrofenol maga is indikátorként viselkedik: lúgos közegben sárga. Ezért a timolkék kék színe helyett zöld színt látunk.

2 pont

Ha pH-mérés helyett csak az indikátorra hagyatkozva végeztük volna el a mérést, jelölje, melyik állítás lenne igaz a két ekvivalenciapontra!

1. ekvivalenciapont:

alulmérjük* kevesebb, mint $0,1 \text{ cm}^3$ eltéréssel mérjük felülmérjük**

2. ekvivalenciapont:

alulmérjük* kevesebb, mint $0,1 \text{ cm}^3$ eltéréssel mérjük felülmérjük**

* A fogyás a valós értéknél kisebb.

** A fogyás a valós értéknél nagyobb.

A fentiek alapján melyik koncentrációt határozhattuk volna meg pontosan, ha kizárólag az indikátorra hagyatkoztunk volna?

- Egyiket sem.
- Csak a HCl koncentrációját.
- Csak a pNF koncentrációját.
- Csak a két koncentráció összegét.
- Mindkét koncentrációt.

3 pont

Kevés olyan indikátort ismerünk, amely a timolkékhez hasonlóan kétszer is szint vált, ezért savkeverékek mérése során gyakran két indikátor keverékét használjuk.

Az alábbi táblázatban szereplő párosítások közül melyik(ek)et alkalmazhatnánk a pH-mérő helyett a HCl-pNF elegy hagyományos titrálására? Amelyiket nem, azt miért nem?

Indikátor 1.	Indikátor 2.	Ítélet, magyarázat
Metilnarancs (piros-sárga 3,1-4,1)	Kurkumin (sárga-bordó, 7,8-9,2)	Alkalmas.
Metilvörös (piros-sárga 4,4-6,2)	Fenolftalein (színtelen-rózsaszín 8,3-9,8)	Nem alkalmas. A sósav mérése pontatlan: felülmérjük.
Brómfenolkék (sárga-kék 3,5-4,6)	Timolftalein (színtelen-kék, 9,3-10,5)	Nem alkalmas. A timolftalein színváltását nem látjuk a brómfenolkék kék színe mellett. A timolftalein átcsapási tartománya nem megfelelő (magasabb pH-n van).
Kongóvörös (kék-piros, 3,0-5,2)	4-nitrofenol (színtelen-sárga 5,4-7,5)	Nem alkalmas. A kongóvörös átmenete túl széles, a pNF pedig maga a mért anyag, és nem is látnánk a színváltást a piros háttérrel.

4 pont

Részpontok összesen: 56 pont

Összpontszám: $56 \times 0,5 = 28$ pont



OKTATÁSI HIVATAL

A 2022/2023. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
döntő forduló

KÉMIA II. KATEGÓRIA
2. feladat

Javítási-értékelési útmutató

Nitrogéntartalmú ionok

Az asztalon négy kémcsövet talál. Háromban nitrit-, nitrát- és ammóniumsó oldata van feliratozva, a negyedik egy számozott ismeretlen. Először az ismert anyagokkal kezdje a kísérletezést.

Ha szükséges az oldatokat melegíteni, akkor az asztalán levő hőpuskát (tulajdonképp egy veszélyesen erős hajszárító) használhatja. Melegítés után a hőpuska szája maga is forró, kezelje óvatosan.

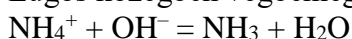
A kísérletek során két egyszerű kimutatási próbát kell többször is elvégeznie.

I. próba: A próba lényege, hogy a vizsgálandó oldatot tartalmazó kémcső szájához tett megnedvesített pH-papírral vagy lakmuspapírral ki tudja mutatni egy illékony nitrogénvegyület jelenlétét megfelelő körülmények között.

Mi ez a vegyület? Mi a kimutatás alapja? Milyen körülményekre van szükség?

Ammónia, amely vízben oldódva lúgos kémhatást okoz: ezt jelzi az indikátorpapír.

Lúgos közegben végbemegy a következő reakció:



2 pont

Az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyek megvalósulását az NTP-TMV-M-22-A0002 projekt támogatja



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

 Nemzeti
Tehetség Program

II. próba: A próba a nitritionok szelektív, nagyon érzékeny kimutatása az ún. Griess–Ilosvay-reagens segítségével. A gyengén savas nitrittartalmú oldathoz pár csepp reagenst adva jellegzetes színű szerves diazofesték képződik. Fontos, hogy a reakció csak savas közegben játszódik le, de a reagens maga is sok ecetsavat tartalmaz, erősen savas. A próba annyira érzékeny, hogy nyomnyi nitritszennyezést is kimutathat. Nagyobb koncentrációjú nitrit jelenlétében más reakció is történhet, emiatt további színváltozás is megfigyelhető lehet.

Végezze el a próbát az ismert oldatokkal! Tüntesse fel a tapasztalatait!

NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
Piros szín észlelhető.		

1 pont

A továbbiakban különböző reagenseket kell az oldatokhoz adnia, és ha történik reakció, az előbbieken leírt próbák segítségével kimutatnia a reakció nitrogéntartalmú termékét. Minden reakcióban csak egy ilyen termék keletkezik, nem kell melléktermékekkel vagy a feladatban nem említett anyagok keletkezésével számolnia.

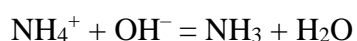
Mindegyik reagens esetén gondolja meg, hogy mely ionnal/ionokkal várható reakció! Csak ezekben az esetekben szükséges tesztelnie! Minden esetben rögzítse, hogy végzett-e próbát, ha igen, melyiket, és mit tapasztalt, és ezzel milyen terméket tudott kimutatni!

A) Adjon az oldatokhoz azonos térfogatú 2 mol/dm^3 koncentrációjú NaOH-oldatot!

NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
Történik reakció? I / <u>N</u>	Történik reakció? I / <u>N</u>	Történik reakció? I / N
Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N
Kísérletek, tapasztalatok:	Kísérletek, tapasztalatok:	Kísérletek, tapasztalatok: A kémcső szájához tartott indikátorpapír megkékül.
A kimutatott termék:	A kimutatott termék:	A kimutatott termék: NH_3

1 pont

Írja fel a próbával kimutatott termék keletkezésének reakcióegyenletét minden esetben, ahol reakció történt!



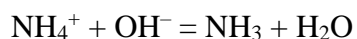
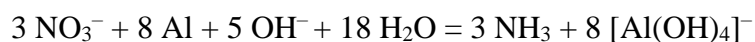
1 pont

B) Azonos térfogatú 2 mol/dm^3 koncentrációjú NaOH-oldattal meglúgosított oldatba dobjon egy Al-darabkát és melegítse! (A cink hasonlóan viselkedik, de jóval lassabbak a reakciói lúgos közegben.)

NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
Történik reakció? I / N	Történik reakció? I / N	Történik reakció? I / N
Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N
Kísérletek, tapasztalatok:	Kísérletek, tapasztalatok:	Kísérletek, tapasztalatok:
A kémcső szájához tartott indikátorpapír megkékül.	A kémcső szájához tartott indikátorpapír megkékül.	A kémcső szájához tartott indikátorpapír megkékül.
A kimutatott termék: NH_3	A kimutatott termék: NH_3	A kimutatott termék: NH_3

3 pont

Írja fel a próbával kimutatott termék keletkezésének reakcióegyenletét minden esetben, ahol reakció történt!



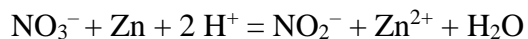
2 pont

C) Savanyítsa meg a mintát ecetsavval, és dobjon egy-egy Zn-darabkát az oldatokba!

NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
Történik reakció? I / <u>N</u>	Történik reakció? <u>I</u> / N	Történik reakció? I / <u>N</u>
Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N
Kísérletek, tapasztalatok: A Griess–Ilosvay-próba pozitív. Átlúgosítva nem mutatható ki NH_3 .	Kísérletek, tapasztalatok: A Griess–Ilosvay-próba pozitív.	Kísérletek, tapasztalatok:
A kimutatott termék:	A kimutatott termék: NO_2^-	A kimutatott termék:

3 pont

Írja fel a próbával kimutatott termék keletkezésének reakcióegyenletét minden esetben, ahol reakció történt!



1 pont

D) Adjon két nagy kanál karbamidot a minta és azonos térfogatú ecetsav elegyéhez, és tartsa forrás közelében 2-3 percig hőlégfúvóval! A karbamid $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ tulajdonképpen a szénsav diamidja. A kísérletben a három közül csak az egyik ion reagál, a reakcióban egyedüli nitrogéntartalmú termékként nitrogén, valamint szén-dioxid keletkezik.

NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
Történik reakció? <u>I</u> / N	Történik reakció? I / <u>N</u>	Történik reakció? I / <u>N</u>
Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N	Végzett próbát? I / N
Kísérletek, tapasztalatok:	Kísérletek, tapasztalatok:	Kísérletek, tapasztalatok:
Gázfejlődés észlelhető a melegítés közben.		
A Griess–Ilosvay-próba negatív.		

4 pont

Írja fel a reakció rendezett ionegyenletét!



1 pont

A számozott kémcsőben nitrító oldata található. Az előző kísérletek tapasztalatainak felhasználásával mutassa ki, hogy található-e mellette nitrátion és/vagy ammóniumion!

Írja le pontosan a kísérleteit, tapasztalatait és következtetéseit!

Ammóniumion: Van Nincs

NaOH hozzáadása után a kémcső szájánál kimutatható az NH_3 .

2 pont

Nitrátion: Van Nincs

A nitritet karbamiddal ecetsavas közegben el kell távolítani, Griess–Ilosvay-reagenssel ellenőrizni, hogy nem marad.

Az esetlegesen jelen lévő nitrátot ki lehet mutatni nitritté redukálva cinkkel savas közegben.

Ez esetben a Griess–Ilosvay-teszt negatív, nincs jelen nitrát.

A nitrát esetleg kimutatható ammóniává redukálva alumíniummal lúgos közegben, de ez esetben az ammóniumot is előbb lúgos forralással el kell távolítani, és a távozásáról meggyőződni. Ez után jöhet az alumínium és az indikátorpapíros teszt.

5 pont

Részpontok összesen: 26 pont
Összpontszám: $26 \times 11/13 = 22$ pont