

Pokus 1. Bezbojna kemija krutina

Iako kemijski pokusi često pokazuju spektakularne promjene u boji tvari tijekom reakcija ili fizikalnih promjena, takve promjene su relativno neuobičajene u „svakodnevnoj“, istraživačkoj kemiji. Dapače, mnoge tvari koje se istražuju su bezbojne! Bez obzira na to, pažljivim opažanjem promjena, čak i u bezbojnim tvarima, može se mnogo zaključiti o njihovom sastavu.

Cilj: Na temelju danih opisa pokusa, opažanja i dostupnih informacija odrediti identitete krutina **T1**, **T2**, **T3**, **T4** i **T5**.

Pribor: Bunsenov plamenik, pet epruveta od borosilikatnog stakla, pet satnih stakala, kapalica, univerzalni indikatorski papirići.

Kemikalije: Uzorci pet bezbojnih krutina **T1**, **T2**, **T3**, **T4** i **T5**, destilirana voda.

KORAK 1

Uzorci krutina **T1**, **T2**, **T3**, **T4** i **T5** raspoređeni su u epruvete od borosilikatnog stakla. Sadržaj svake epruvete grijan je prvo čađavim, a onda šuštećim plamenom Bunsenova plamenika. **Zabilježena su sljedeća opažanja.**

| Uzorak krutine | Promjena uslijed zagrijavanja |
|----------------|---|
| T1 | Nema značajne promjene |
| T2 | Nema značajne promjene |
| T3 | Krutina isparava, iznad krutine nastaje bijeli dim koji kristalizira na hladnijem dijelu epruvete. Blizu otvora epruvete osjeti se oštar miris. |
| T4 | Uzorak krutine se stegne, kapljice tekućine kondenziraju na stijenci epruvete. Tinjajuća triješčica se ugasi kada se primakne otvoru epruvete. |
| T5 | Uzorak se rastali pa pocrni. Kapljice tekućine kondenziraju na stijenci. |

KORAK 2

Uzorci krutina **T1**, **T2**, **T3**, **T4** i **T5** raspoređeni su na satna stakalca, pa im je kapalicom dodano nekoliko kapi destilirane vode. Dobivenim otopina ispitana je približna pH-vrijednost pomoću univerzalnog indikatorskog papirića. **Zabilježena su sljedeća opažanja.**

| Uzorak krutine | Dodatak vode | pH-vrijednost |
|----------------|---------------|---------------|
| T1 | Dobro topljiv | ~7 |
| T2 | Ne otapa se | ~7 |
| T3 | Dobro topljiv | ~4 |
| T4 | Dobro topljiv | ~10 |
| T5 | Dobro topljiv | ~4 |

Prema opažanjima iz pokusa odgovori na sljedeća pitanja.

1. Krutine **T1** i **T2** ne pokazuju značajne promjene tijekom zagrijavanja.

1.a) Koji tip kemijske veze možemo očekivati u takvim krutinama?

Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.

Pokus za 3. razred srednje škole

Zaporka: _____

1.b) Hoće li taljenje ovakvih tvari biti egzoterman ili endoterman proces?

1.c) Krutina **T1** koristi se kao dijetetska zamjena za kuhinjsku sol, a u prirodi se nalazi kao mineral silvin. Sve kemijske vrste od kojih se krutina **T1** sastoji imaju istu elektronsku konfiguraciju. Elektrolizom taljevine **T1** nastaje metal koji se tali pri 63 °C.

Kemijski naziv tvari **T1** je:

Kemijska formula spoja **T1** je

1.d) Krutina **T2** sastavna je tvar nekog dragog kamenja i minerala iz kojih se dobiva tehnološki važan metal. Krutina **T2** može se pripremiti reakcijom hrđe i aluminija u prahu.

Kemijski naziv tvari **T2** je:

Kemijska formula spoja **T2** je:

2. Krutina **T3** je sol koja nastaje reakcijom dvaju plinova, **X** i **Y**.

X je plin koji nastaje reakcijom amonijeve lužine s krutim natrijevim hidroksidom.

Y je plin koji nastaje izgaranjem vodika u atmosferi klora.

2.a) Kemijska formula plina **X** je:

Taj plin naziva se:

2.b) Kemijska formula plina **Y** je:

Taj plin naziva se:

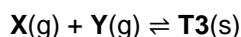
UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI:

| | |
|--|-----|
| | 4,5 |
|--|-----|

2.c) Kemijska formula krutine **T3** je:

2.d) Naziv kemijske vrste koja hidrolizom čini otopinu krutine **T3** kiselom je:

3. Iako bi se promjenu koja nastaje grijanjem krutine **T3** moglo pogrešno nazvati sublimacijom, radi se o povratnoj reakciji. Ta reakcija može se opisati sljedećom ravnotežnom jednačinom kemijske reakcije:



3.a) Napiši izraz za tlačnu konstantu ravnoteže ove reakcije.

3.b) Koju mjernu jedinicu možemo pridružiti vrijednosti tlačne konstante ravnoteže?

3.c) Koji će učinak na ravnotežno stanje reakcijskog sustava proizvesti dodatak krutine **T3**? **Kratko obrazloži.**

3.d) Hoće li tlačna konstanta ravnoteže imati veću vrijednost pri 25 °C ili 150 °C, ako je napredna reakcija egzotermna?

4. Proučimo kiselinsko-bazna i redukcijsko-oksidacijska svojstva krutine **T4** i srodnih tvari.

4.a) Kation u krutini **T4** nastaje oksidacijom atoma elementa **E**. Element **E** nastaje fuzijom dvaju atoma ugljika-12, uz jedan atom protona kao nusprodukt.

Kemijski naziv kationa prisutnog u krutini **T4** je:

4.b) Anion u sastavu krutine **T4** istovjetan najzastupljenijem monoanionu u vodenoj otopini ugljikovog(IV) oksida.

Kemijski naziv aniona prisutnog u krutini **T4** je:

4.c) Jednadžbom kemijske reakcije prikaži kemijsku promjenu koja se zbiva tijekom zagrijavanja krutine **T4**. Navedi agregacijska stanja svih reaktanata i produkata.

4.d) Vodena otopina krutine zaostale nakon zagrijavanja krutine **T4** ima slična kiselinsko-bazna svojstva kao vodena otopina natrijevog fosfata (Na_3PO_4).

Jednadžbom kemijske reakcije prikaži ravnotežnu reakciju otapanja natrijevog fosfata u vodi.

4.e) Izračunaj pH-vrijednost otopine priređene otapanjem $1,00 \cdot 10^{-3}$ mol natrijeva fosfata u 0,500 L vode, pod pretpostavkom da se fosfatni ion ponaša kao jaka monoprotična baza.

5. Ion, po svojoj strukturi sličan anionu u krutini **T4**, je i sulfitni ion. Međutim, sulfitni ion pokazuje i zanimljiva redukcijsko-oksidacijska svojstva.

5.a) Sulfit se pomoću joda u lužnatom mediju lako oksidira do sulfata, pri čemu nastaju sulfatni i jodidni ion. Opiši te promjene jednadžbom kemijske reakcije.

5.b) Sulfit može reagirati i s elementarnim selenijem, tvoreći selenosulfatni ion formule SeSO_3^{2-} . U tom ionu, atom sumpora je u najvišem, a atom selenija u najnižem oksidacijskom stanju. Nacrtaj Lewisovu strukturnu formulu selenosulfatnog iona.

5.c) Za čišćenje vinskih bačvi često se koristi tzv. vinobran. Vinobran je kalijeva sol u kojoj je sedmeroatomni dianion **A** građen od atoma sumpora i atoma kisika.

Kemijska formula aniona **A** je:

6. Krutina **T5** je 2-hidroksibutandikarboksilna kiselina (poznata i kao jabučna kiselina). Molekulska formula jabučne kiseline je $C_4O_5H_6$. Soli ove organske kiseline nazivaju se malati.

6.a) Koja vrsta reakcije je zaslužna za crnjenje uzorka krutine **T5** prilikom grijanja?

6.b) Osim u jabukama, jabučna kiselina proizvodi se i katalitičkom oksidacijom jednog ravnolančanog alkana **K**. Molekula alkana **K** i molekula jabučne kiseline imaju isti broj ugljikovih atoma.

Kemijski naziv alkana **K** je _____.

6.c) Strukturnom formulom prikaži jabučnu kiselinu

6.d) Empirijska formula amonijeva malata je

Maseni postotak dušika u amonijevom malatu iznosi _____ %.

Pokus 2. Energijski (ne)zahtjevna elektroliza

Elektroliza se često provodi tako da su katoda, anoda i elektrolit od različitih tvari, u svrhu priređivanja novih tvari. Međutim, elektroliza ne mora uvijek proizvoditi novu tvar, već ih može samo *pomicati*. U ovom pokusu proučit ćemo jednu industrijski korisnu elektrolizu.

Cilj: Provesti elektrolizu. Odrediti količinu naboja koja je prošla kroz elektrolitičku ćeliju. Odrediti toplinu koja se oslobodila tijekom elektrolize.

Pribor: Staklena čaša od 200 mL, menzura od 100 mL, čaša za otpadnu otopinu, nosač za elektrode i termometar, stiroporni plašt, termometar, izvor struje, žice s „krokodil“ spojevima, poluanalitička vaga, sušilo za kosu, štoperica.

Kemikalije: Bakrena katoda, bakrena anoda, vodena otopina bakrova(II) sulfata množinske koncentracije 1 mol dm^{-3} , boca štrcalica s destiliranom vodom.

Rezultati pokusa upisivani su u sljedeću tablicu:

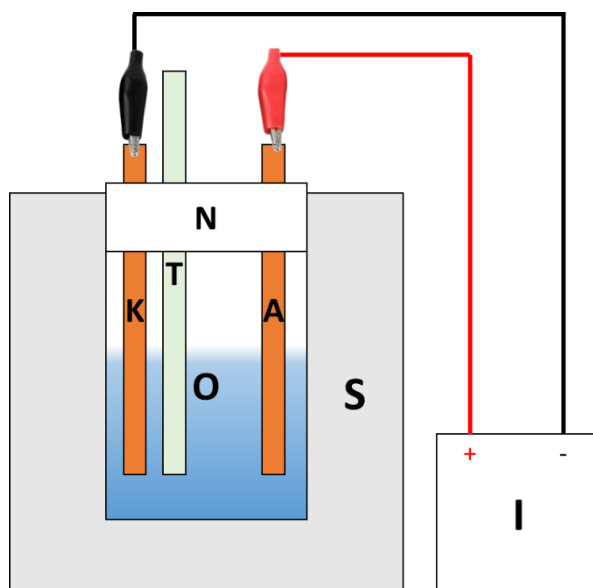
| | Masa anode / g | Masa katode / g | Temperatura otopine / °C |
|----------------------|----------------|-----------------|--------------------------|
| Prije eksperimenta | | | |
| Poslije eksperimenta | | | |

KORAK 1

Na poluanalitičkoj vagi vagnute su suhe i čiste elektrode. Mase elektroda navedene su u tablici kao mase prije eksperimenta.

KORAK 2

Aparatura za elektrolizu postavljena je kao na prikazanoj shemi. U staklenu čašu uliveno je 100 mL vodene otopine bakrova(II) sulfata pomoću menzure. Čaša s vodenom otopinom (**O**) pažljivo je stavljena u stiroporni plašt (**S**). U nosač (**N**) pričvršćeni su katoda (**K**), anoda (**A**) i termometar (**T**) pa je nosač postavljen na čašu (**O**). Pozitivni pol izvora (**I**) spojen je crvenom žicom na anodu, a negativni na katodu. Temperatura otopine (**O**) prije eksperimenta očitana je i navedena u tablici.



KORAK 3

Istovremeno su uključeni izvor struje i štoperica. Nakon što je na štoperici otkucalo 5 minuta izvor struje je isključen. Zapisana je temperatura otopine (**O**) nakon eksperimenta.

KORAK 4.

Anoda i katoda pažljivo su izvučeni iz nosača. Elektrode su isprane destiliranom vodom iznad čaše za otpadnu otopinu. Nadalje, elektrode su posušene sušilom za kosu, pa izvagane na poluanalitičkoj vagi. Dvije mase su u tablici označene kao mase poslije eksperimenta.

Tablica na kraju pokusa.

| | Masa anode/g | Masa katode/g | Temperatura otopine/°C |
|----------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Prije eksperimenta | 6,168 | 4,142 | 18 |
| Poslije eksperimenta | 6,045 | 4,242 | 21 |

Poznati su i sljedeći podaci:

| Reakcija na elektrodi | Standardni redukcijski potencijal, E° / V |
|---|--|
| $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ | +0,34 |
| $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ | +0,80 |
| $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$ | -0,76 |

Prema opažanjima iz pokusa i podacima iz tablice odgovori na sljedeća pitanja.

7.a) Jednadžbom kemijske reakcije prikaži reakciju na katodi:

7.b) Jednadžbom kemijske reakcije prikaži reakciju na anodi:

7.c). Kolika je razlika standardnih elektrodnih potencijala za ovu elektrolizu?

7.d) Što ćemo poduzeti ako želimo napraviti veću količinu električnih reakcija u jedinici vremena?

8.a) Kolika je množina iona bakra koja se reducirala tijekom POKUSA 2?

8.b). Koliki je električni naboj prošao kroz elektrolitičku ćeliju tijekom POKUSA 2, pod pretpostavkom da je sav naboj iskorišten u reakcijama redukcije i oksidacije?

8.c) Kolika se toplina oslobodila prilikom elektrolize tijekom POKUSA 2, ako je specifični toplinski kapacitet vodene otopine bakrova(II) sulfata $4,10 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$? Gustoća otopine je približno $1,00 \text{ g cm}^{-3}$. Ostatak postava (elektrode, posuda) ima zanemariv toplinski kapacitet.

8.d). Pod pretpostavkom da se u drugoj izvedbi istog eksperimenta oslobodilo 1000 J topline, a izlučeno je $4,00 \text{ mmol}$ bakra, koliko je topline oslobođeno po atomu bakra u jedinicama elektron-volta ($1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)?

9.a) Ovakav postav može se koristiti za pročišćavanje bakra koji sadrži srebro kao nečistoću. Kolika maksimalna razlika potencijala smije biti između katode i anode prije no što se srebro s anode krene oksidirati?

Maksimalna razlika potencijala može biti _____

9.b) Ovaj postav ne može se koristiti, ako elektrode sadrže veliku količinu cinka. Zbog čega nije moguće spriječiti oksidaciju elementarnog cinka na elektrodama u ovakvom eksperimentu?

9.c) Kao nusprodukt mnogih elektrolitičkih postupaka koje uključuju vodene otopine nastaje smjesa plinova vodika i kisika. Koja je opasnost vezana uz ovaj nusprodukt?

Pokus 3. Drugi pogled na dušikove okside

Cilj: Demonstrirati ravnotežu između dva poznata i jednog manje poznatog dušikovog oksida

Pribor: Ledena kupelj, rukavice, pinceta, papirnati ručnici.

Kemikalije: Ampula punjena sa smjesom NO i NO₂.

KORAK 1

Na stolu je bila ampula ispunjena dušikovim(II) oksida i dušikovim(IV) oksidom u podjednakom množinskom omjeru.

Zabilježena su sljedeća opažanja.

Sadržaj ampule bio je narančaste boje.

KORAK 2

Ampula je stavljena u ledenu kupelj i promatrana jednu minutu. **Zabilježena su sljedeća opažanja.**

Nakon 30–tak sekundi u ampuli se pojavio svijetloplavi kondenzat. Plin iznad tekućine bio je svjetliji nego na početku pokusa.

KORAK 3

Ampula je izvađena iz ledene kupelji pa je pažljivo obrisana papirnatim ručnikom. **Zabilježena su sljedeća opažanja.**

Svijetloplava tekućina je nestala. Sadržaj ampule ponovo je bio obojen kao na početku pokusa.

Tekućina koja nastaje hlađenjem sadržaja ampule je didušikov trioksid (N₂O₃), koji je u ravnoteži s dušikovim(II) oksidom i dušikovim(IV) oksidom.

Prema opažanjima iz pokusa odgovori na sljedeća pitanja.

10.a) Predloži dvije Lewisove strukturne formule mogućih izomera didušikovog trioksida, te zaokruži onu koja predstavlja molekulu s većim dipolnim momentom.

10.b) Je li reakcija nastajanja didušikovog trioksida iz dušikovog(II) oksida i dušikovog(IV) oksida redoks reakcija? **Kratko obrazloži.**

10.c) Raspad didušikovog trioksida može se opisati ravnotežnom reakcijom, prema jednadžbi:



Napiši izraz tlačne konstante ravnoteže za tu reakciju. Koliki je parcijalni tlak didušikovog trioksida u ravnotežnoj plinskoj smjesi pri 30 °C, ako su tlakovi dušikovog(II) oksida, dušikovog(IV) oksida i didušikovog trioksida prije uspostave ravnoteže jednaki i iznose 2,00 bar?

Tlačna konstanta ravnoteže iznosi 400 kPa pri 30 °C.

11. I za kraj - još malo kemije!

11.a) Molekule nekih dušikovih oksida sadrže nespareni elektron. Kako nazivamo takve spojeve?

11.b) Molekula koja ima jedan elektron manje od dušikova(II) oksida može izazvati ozbiljne zdravstvene probleme, jer se veže na hemoglobin jače od kisika.

Radi se o _____.

11.c) U kojoj tvari koja sadrži dušik je pronađena najjača kovalentna veza među nemetalima?

11.d) Dušikov(IV) oksid reagira s vodom tako da se u isto vrijeme i reducira i oksidira, tvoreći dvije poznate kiseline. Napiši zapise oksidacije i redukcije.

Oksidacija: _____

Redukcija: _____

11.e) Amonijev nitrat je važna sol dušične kiseline, koja se koristi kao gnojivo, ali i kao eksploziv u poljoprivredi i građevini. Napiši jednadžbu kemijske reakcije za raspad amonijevog nitrata pri sobnoj temperaturi, ako je poznato da se raspada na elementarne tvari i vodu. Navedi agregacijska stanja svih reaktanata i produkata. Izračunaj koliko litara plina će nastati pri normalnim uvjetima raspadom 80,0 g amonijevog nitrata?

Zaporka: _____

Zaporka: _____

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---|----------------------|
| 1. stranica | 2. stranica | 3. stranica | 4. stranica | 5. stranica | | |
| | + | | + | | + | |
| 6. stranica | 7. stranica | 8. stranica | 9. stranica | 10. stranica | = | Ukupni bodovi |
| | + | | + | | + | |
| | | | | | | 40 |