

1. Nepoznati organski spoj **A** ima molekulsku formulu  $C_7H_8O$  i pokazuje sljedeća svojstva:

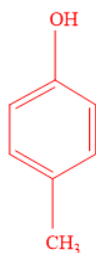
- I. Spoj **A** reagira s natrijem uz izdvajanje plina.
- II. Spoj **A** ne reagira s natrijevim hidrogenkarbonatom.
- III. Spoj **A** daje ljubičasto obojenje s  $FeCl_3$ .
- IV. Oksidacijom spoja **A** s kalijevim permanganatom nastaje spoj **B**.
- V. Spoj **B** reagira s natrijevim hidrogenkarbonatom uz izdvajanje  $CO_2$ .

a) Odredi kojoj skupini organskih spojeva pripada spoj **A**.

Spoj **A** pripada **fenolima**.

b) Odredi strukturnu formulu i ime spoja **A** prema pravilima IUPAC-ove nomenklature.

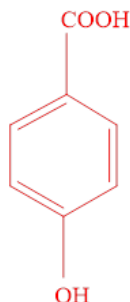
Spoj **A** je metilfenol (krezol),  $C_6H_4(CH_3)OH$



Napomena: priznaje se bilo koji izomer: *o*-, *m*- ili *p*-

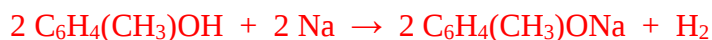
c) Odredi strukturnu formulu i ime spoja **B** prema pravilima IUPAC-ove nomenklature.

Spoj **B** je hidroksibenzenkarboksilna kiselina,  $C_6H_4(OH)COOH$



Napomena: priznaje se odgovarajući izomer u skladu sa spojem **A**.

d) Napiši jednadžbu reakcije spoja **A** s natrijem.



e) Objasni zašto spoj **A** ne reagira s natrijevim hidrogenkarbonatom, a reagira s natrijem.

Fenoli su slabe kiseline, a natrij reagira i sa slabim kiselinama jer je natrij jača baza od  $NaHCO_3$ .

ili

Fenoli su slabe kiseline, ne reagiraju s  $NaHCO_3$  jer ne mogu istisnuti  $CO_2$ . Reagiraju s natrijem jer natrij reagira i sa slabim kiselinama.

za točno određenu skupinu organskih spojeva kojoj pripada spoj **A**: 0,5 boda  
(prepoznavanje fenola)

za točno određenu strukturnu formulu i ime spoja **A**: 0,5 + 0,5 boda

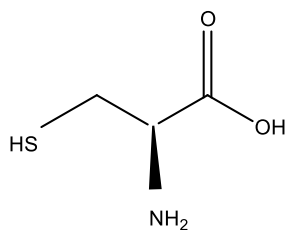
za točno određenu strukturnu formulu i ime spoja **B**: 0,5 + 0,5 boda  
(oksidacija alkilnog supstituenta na aromatskom prstenu)

za točno napisanu jednadžbu reakcije supstitucije metilfenola s natrijem: 0,5 boda

za točno kemijsko obrazloženje reakcije spoja **A** s  $NaHCO_3$  i natrijem: 0,5 boda + 0,5 boda

Ukupno: 4 boda

2. Jedna od neesencijalnih aminokiselina je cistein. Prema nomenklaturi IUPAC-a, njezino je sustavno ime (2R)-2-amino-3-sulfanilpropanska kiselina. Na slici je prikazana njezina strukturna formula.



a) Izračunaj ukupan broj protona u molekuli cisteina.

$$N(p^+) = 64$$

b) Izračunaj prosječnu masu molekule cisteina.

$$M(C_3H_7NO_2S) = 121,2 \text{ g mol}^{-1}$$

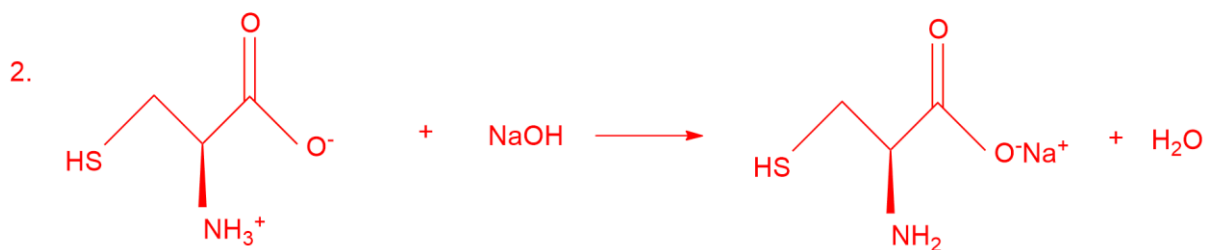
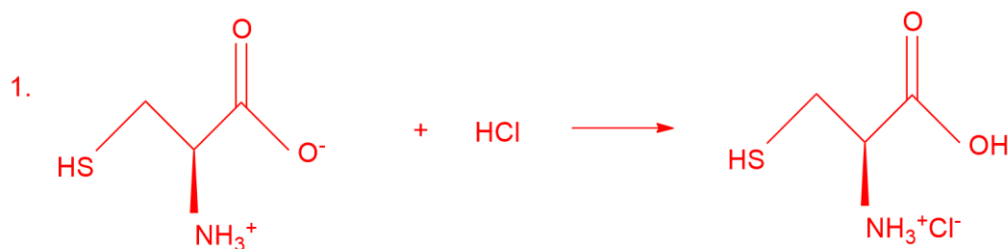
$$m(C_3H_7NO_2S) = 2,012 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

c) Napiši jednadžbe reakcija molekule cisteina s:

1. klorovodičnom kiselinom

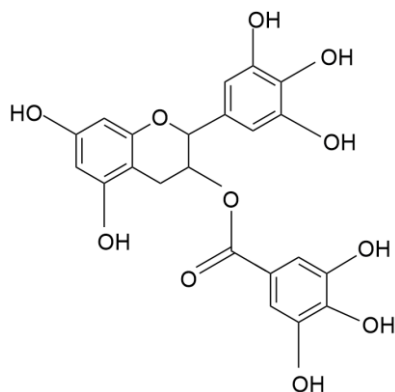
2. natrijevom lužinom

U jednadžbama prikaži molekulu cisteina strukturnom formulom u obliku dipolarnog iona (zwitteriona).



za točno određen ukupan broj protona u molekuli: 0,5 boda  
za točno izračunatu prosječnu masu molekule cisteina: 0,5 boda  
za točno napisane jednadžbe reakcija aminokiseline cisteina s HCl i NaOH: 2 x 1 bod = 2 boda  
Ukupno: 3 boda

3. Neki kemijski spojevi i lijekovite tvari razgrađuju se u kiseloj sredini želuca. Slika prikazuje antikancerogenu molekulu epigalokatehina (EGCG) ekstrahiranu iz zelenog čaja.



a) Imenuj vrstu kemijske veze (skupine) koja se hidrolizira pri prolasku kroz želudac.

esterska veza

b) Molekula je vrlo topljiva u vodi. Objasni koji je uzrok dobre topljivosti.

Veliki broj hidroksilnih skupina koje s vodom stvaraju vodikove veze.

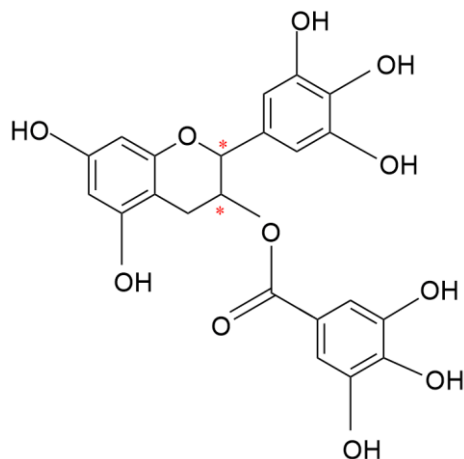
c) Imenuj još jednu kemijsku vezu (skupinu) koja se lako hidrolizira u kiseloj sredini želuca a nije prisutna u molekuli epigalokatehina.

amidna veza ili peptidna veza ili glikozidna veza

d) Koliko ima asimetrično supstituiranih (kiralnih) C-atoma u molekuli epigalokatehina?

Označi ih zvjezdicom (\*) na slici.

EGCG ima 2 asimetrična ugljikova atoma (C2 i C3)



za točno određenu estersku vezu: 0,5 boda

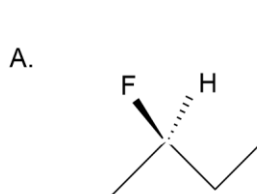
za točan naziv skupine i točnog objašnjenja da se radi o vodikovim vezama: 2 x 0,5 boda

za točan naziv kemijske veze koja se lako hidrolizira: 0,5 boda

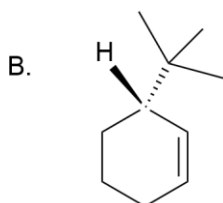
za točno određen broj asimetričnih ugljikovih atoma i točno označenih na slici: 2 x 0,5 boda

**Ukupno: 3 boda**

4. a) Odredi apsolutnu konfiguraciju prikazanim molekulama i imenuj ih prema IUPAC-ovoj nomenklaturi.

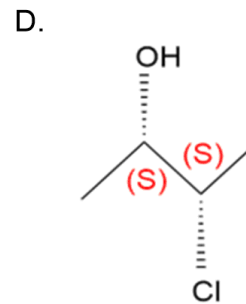
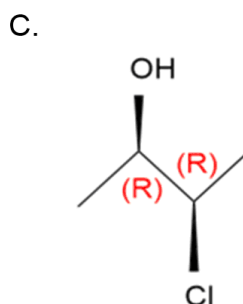
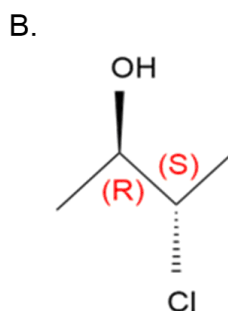
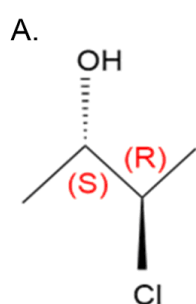


(R)-2-fluorbutan



(S)-3-tert-butylcikloheksen

b) Strukturnim formulama prikazani su stereoizomeri 3-klorbutan-2-ola. Odredi apsolutne konfiguracije na kiralnim atomima ugljika.



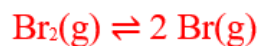
c) Odredi izomerne odnose prikazanih stereoizomera. Napiši radi li se o diastereoizomerima ili enantiomerima.

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| spojevi C i D | enantiomeri       |
| spojevi A i C | dijastereoizomeri |
| spojevi B i D | dijastereoizomeri |

za točno određenu apsolutnu konfiguraciju molekula i točno ime prikazanih molekula: 2 x 0,5 boda  
za točno određenu konfiguraciju stereoizomera: 4 x 0,5 boda  
za potpuno točno popunjenu tablicu (nema parcijalnog bodovanja): 1 bod  
Ukupno: 4 boda

5. U posudi volumena  $1,0 \text{ dm}^3$  nalazi se  $1,00 \text{ mol}$  molekula broma pri visokoj temperaturi od  $1000 \text{ K}$ . Pod tim uvjetima stupanj disocijacije molekula broma je  $10 \%$ . Jednadžbom kemijske reakcije prikaži reakciju disocijacije molekula broma. Izračunaj koncentracijsku konstantu ravnoteže. Dopuni tablicu traženim podacima.

Postupak:



$$K_c = \frac{[\text{Br}]^2}{[\text{Br}_2]}$$

$$n(\text{Br}_2) = 1,0 \text{ mol} \quad n(\text{Br}) = 0 \text{ mol}$$

$$n(\text{Br}_2, \text{ koji disocira}) = 1,0 \text{ mol} \times \frac{10}{100} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n(\text{Br}) = 2 \times 0,1 \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

| množinska koncentracija<br>tvari/ $\text{mol dm}^{-3}$ | $\text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Br}(\text{g})$ |                  |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------|
| početna koncentracija                                  | 1,00                                                             | 0                |
| promjena koncentracije                                 | $1,00 - 0,1$                                                     | $+ 2 \times 0,1$ |
| ravnotežna koncentracija                               | + 0,9                                                            | + 0,2            |

$$K_c = \frac{[\text{Br}]^2}{[\text{Br}_2]} = \frac{(0,2 \text{ mol dm}^{-3})^2}{0,9 \text{ mol dm}^{-3}} = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

za točno napisanu ravnotežnu reakciju: 0,5 boda

za točan izraz konstante ravnoteže: 0,5 boda

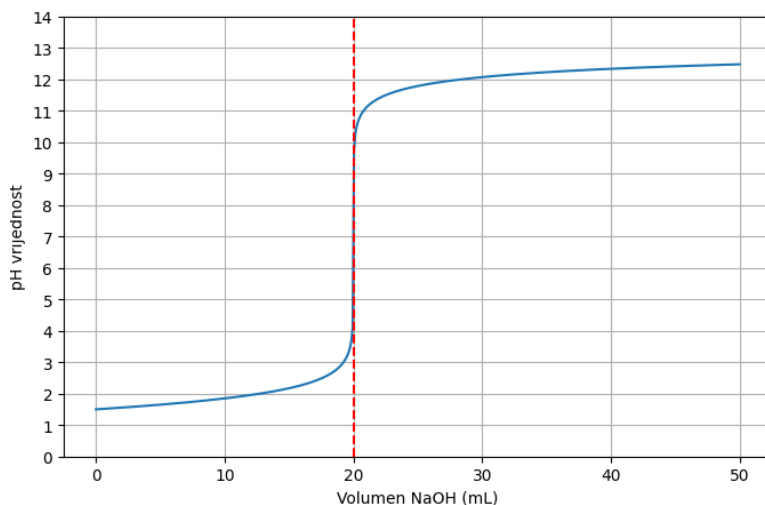
za točnu množinu broma koji disocira: 0,5 boda

za točne ravnotežne koncentracije molekula i atoma broma: 0,5 boda

za točan izračun konstante ravnoteže: 0,5 boda

**Ukupno: 2,5 boda**

6. Prikazana je titracijska krivulja za titraciju klorovodične kiseline množinske koncentracije  $3,16 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$  s natrijevom lužinom.



a) Napiši kemijsku formulu titranta.

NaOH

b) Napiši kemijsku formulu analita.

HCl

c) Izračunaj pH-vrijednost otopine na početku titracije.

$$\text{pH} = -\log \frac{3,16 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}}{\text{mol dm}^{-3}} = 1,5$$

d) Na prikazanoj krivulji očitaj pH-vrijednost otopine na kraju titracije i izračunaj množinsku koncentraciju oksonijevih iona.

pH= 12,5

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 3,16 \times 10^{-13} \text{ mol dm}^{-3}$$

e) Koliki je pH otopine u točki ekvivalencije pri titraciji slabe kiseline jakim bazom?  
Zaokruži točan odgovor.

A. pH = 0

B. pH < 7

C. pH > 7

D. pH = 7

za točno napisanu kemijsku formulu titranta: 0,5 boda  
za točno napisanu kemijsku formulu analita: 0,5 boda  
za točno izračunatu pH-vrijednost otopine na početku titracije: 0,5 boda  
za točno određenu pH-vrijednost otopine na kraju titracije: 0,5 boda  
za točno izračunatu množinsku koncentraciju oksonijevih iona: 0,5 boda  
za točno zaokružen odgovor: 0,5 boda  
Ukupno: 3 boda

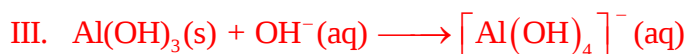
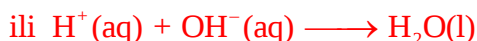
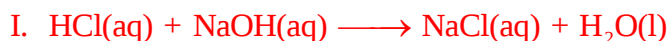
7. U 100 mL otopine klorovodične kiseline koncentracije  $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$  doda se 200 mL otopine natrijeva hidroksida koncentracije  $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ , u koju je dodano 0,020 mol aluminijeva klorida. Pretpostavi da se volumeni zbrajaju i da se reakcije odvijaju do kraja.

a) Jednadžbom kemijske reakcije, uz naznaku agregacijskih stanja reaktanata i produkata, prikaži:

I. reakciju neutralizacije

II. reakciju taloženja aluminijeva hidroksida

III. reakciju otapanja taloga u višku  $\text{OH}^-$  iona



b) Nakon završetka svih reakcija koja od tvrdnji točno opisuje stanje u reakcijskoj posudi.

Dokaži računom i zaokruži točan odgovor.

A. Sav  $\text{Al}^{3+}$  ostaje u obliku taloga  $\text{Al(OH)}_3$ , a otopina je neutralna.

B. Sav  $\text{Al}^{3+}$  prelazi u kompleks  $[\text{Al(OH)}_4]^-$ , a otopina je bazična.

C. Nastaje talog  $\text{Al(OH)}_3$ , koji se potpuno otopi, a u otopini ostaje višak  $\text{OH}^-$

D. Nastaje talog  $\text{Al(OH)}_3$  koji se ne može potpuno otopiti jer nema dovoljno  $\text{OH}^-$  za stvaranje  $[\text{Al(OH)}_4]^-$

Račun:

$$n(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,200 \text{ mol}$$

Nakon neutralizacije:

$$0,200 - 0,100 = 0,100 \text{ mol OH}^- \text{ viška}$$

Za taloženje 0,020 mol  $\text{Al}^{3+}$  potrebno je:

$$3 \times 0,020 \text{ mol} = 0,060 \text{ mol OH}^-$$

Preostaje:

$$0,100 - 0,060 = 0,040 \text{ mol OH}^-$$

Za potpuno otapanje potrebno je 0,020 mol  $\text{OH}^-$ , a u otopini imamo 0,040 mol  $\text{OH}^-$ .

Nakon otapanja ostaje višak  $\text{OH}^-$ , dakle otopina je bazična.

Točan odgovor: B

Za svaku JKR:

za ispravno navedene formule reaktanata i produkata

te ispravno uravnoteženje po masi i naboju: 3 x 0,5 boda

za točno navedena agregacijska stanja svih sudionika: 3 x 0,5 boda

za točan račun i točno zaokružen odgovor: 2 x 1 bod

Napomena: Priznati i druge ispravne načine rješavanja.

Ukupno: 5 boda

8. Pozlaćivanje je metoda koja se primjenjuje za nanošenje tankog sloja zlata na površinu nekog metalnog predmeta. U zlatarstvu se pozlaćivanje provodi postupkom elektrolize. Predmet koji se pozlaćuje jest katoda, a anoda je izrađena od nehrđajućeg čelika. Kao elektrolit upotrebljava se otopina zlatova(III) cijanida. Izračunaj vrijeme u minutama potrebno da se elektrolizom vodene otopine soli zlata(III) masene koncentracije  $2,0 \text{ g L}^{-1}$ , na predmet površine  $2,04 \text{ dm}^2$  nanese zlatni sloj debljine  $0,05 \text{ }\mu\text{m}$ . Jakost struje pri elektrolizi je  $50 \text{ mA}$ , a gustoća zlata je  $19,3 \text{ g cm}^{-3}$ . Napiši katodnu reakciju.



$$Q = I \cdot t = n(\text{Au}) \cdot z \cdot F$$

$$V(\text{Au}) = P(\text{Au}) \cdot d(\text{Au}) = 0,05 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot 2,04 \times 10^2 \text{ cm}^2 = 0,102 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$$

$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{\rho(\text{Au}) \cdot V(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{19,3 \text{ g cm}^{-3} \cdot 0,102 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3}{197 \text{ g mol}^{-1}} = 9,992 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$Q = 9,992 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot 3 \cdot 9,650 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1} = 28,93 \text{ C}$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{28,93 \text{ C}}{50 \times 10^{-3} \text{ A}} = 578,6 \text{ s} = 9,64 \text{ min} = 9 \text{ min i } 39 \text{ s}$$

ili

$$t = \frac{\frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} \cdot z \cdot F}{I} = \frac{\frac{\rho(\text{Au}) \cdot V(\text{Au})}{M(\text{Au})} \cdot z \cdot F}{I} = \frac{\frac{19,3 \text{ g cm}^{-3} \cdot 0,05 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot 2,04 \cdot 10^2 \text{ cm}^2}{197 \text{ g mol}^{-1}} \cdot 3 \cdot 96500 \text{ C mol}^{-1}}{50 \times 10^{-3} \text{ A}} =$$

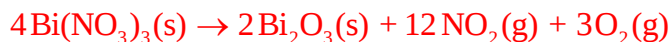
$$578,6 \text{ s} = 9,64 \text{ min} = 9 \text{ min i } 39 \text{ s}$$

Napomena: Priznati svaki korektan postupak.

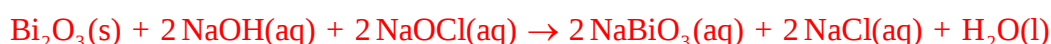
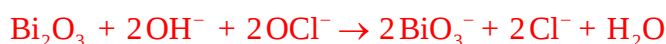
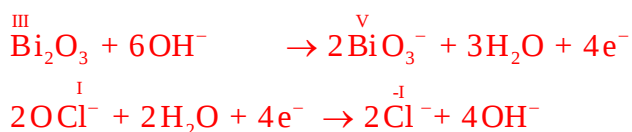
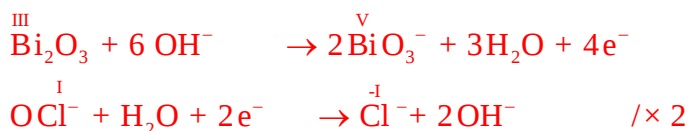
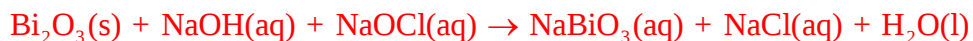
za ispravno napisanu katodnu reakciju: 0,5 boda  
za točan izraz izračunavanja množine elektriciteta: 0,5 boda  
za točno izračunati volumen zlata: 0,5 boda  
za točno izračunatu množinu zlata: 0,5 boda  
za točno izračunatu količinu naboja: 0,5 boda  
za točno izračunato vrijeme potrebno za elektrolizu: 0,5 boda  
za točno vrijeme iskazano u minutama: 0,5 boda  
Ukupno: 3,5 boda

9. Bizmutov(III) oksid jest žuta do žutonarančasta krutina, praktički netopljiva u vodi. Može se dobiti zagrijavanjem elementarnog bizmuta na zraku, ali i termičkom razgradnjom određenih soli.

a) Prikaži jednadžbu reakcije nastajanja bizmutova(III) oksida termičkom razgradnjom bizmutova(III) nitrata uz naznaku agregacijskih stanja svih sudionika reakcije.

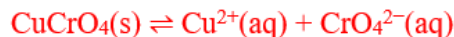


b) Reakcija bizmutova(III) oksida s natrijevim hipokloritom odvija se u jako lužnatom mediju pri čemu nastaju natrijev bizmutat (ili natrijev trioksidobizmutat(V)), natrijev klorid i voda. Napiši parcijalne jednadžbe oksidacije i redukcije te ukupnu jednadžbu reakcije uz naznaku agregacijskih stanja svih sudionika reakcije.



- a)  
za točno napisanu jednadžbu reakcije dobivanja bizmutova(III) oksida: 0,5 boda  
za ispravno uravnoteženje po masi i naboju: 0,5 boda  
za točno navedena agregacijska stanja svih sudionika: 0,5 boda
- b)  
za točno napisane parcijalne jednadžbe oksidacije i redukcije: 2 x 0,5 boda  
za ispravno uravnoteženje po masi i naboju ukupne redoks-reakcije: 0,5 boda  
za točno navedena agregacijska stanja svih sudionika redoks-reakcije: 0,5 boda  
Ukupno: 3,5

10. Pripremljena je vodena otopina bakrova(II) kromata otapanjem 30,0 mg ove soli u 100,0 mL vode. Produkt topljivosti bakrova(II) kromata je  $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ . Računski odredi je li pripremljena otopina zasićena, nezasićena ili prezasićena. Prikaži jednadžbu kemijske reakcije otapanja soli uz naznaku agregacijskih stanja svih sudionika reakcije.



$$K_{\text{pt}}(\text{CuCrO}_4) = [\text{Cu}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] = 3,6 \times 10^{-6} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = \sqrt{K_{\text{pt}}} = \sqrt{3,6 \times 10^{-6} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}} = 1,897 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\gamma(\text{CuCrO}_4) = \frac{m(\text{CuCrO}_4)}{V(\text{otopina})} = \frac{n(\text{CuCrO}_4) \cdot M(\text{CuCrO}_4)}{V(\text{otopina})} = c(\text{CuCrO}_4) \cdot M(\text{CuCrO}_4) =$$

$$= 1,897 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 179,55 \text{ g mol}^{-1} = 0,3406 \text{ g dm}^{-3}$$

$$m_{100\text{ml}}(\text{CuCrO}_4) = \gamma \cdot V = 0,3406 \text{ g L}^{-1} \cdot 100 \text{ mL} = 34,06 \text{ mg}$$

Otopina je nezasićena.

za točno napisanu jednadžbu reakcije otapanja soli: 0,5 boda  
za točno napisan izraz konstante produkta topljivosti soli: 0,5 boda  
za točno izračunatu koncentraciju bakrovih iona: 0,5 boda  
za točno izračunatu masenu koncentraciju bakrova(II) kromata: 0,5 boda  
za točno izračunatu masu soli u 100 mL: 0,5 boda  
za točan odgovor da je otopina nezasićena: 0,5 boda  
Ukupno: 3 boda

11. a) Koja je od navedenih tvrdnja o prostornoj građi odabranih molekula prema metodi VSEPR točna? Zaokruži točan odgovor.

A.  $\text{SF}_4$  ima tetraedarsku molekulsku geometriju.

B.  $\text{ClF}_3$  ima T-oblik i približne kutove manje od  $90^\circ$

C.  $\text{XeF}_4$  ima trigonsku geometriju.

D.  $\text{I}_3^-$  je savijen (V-oblik)

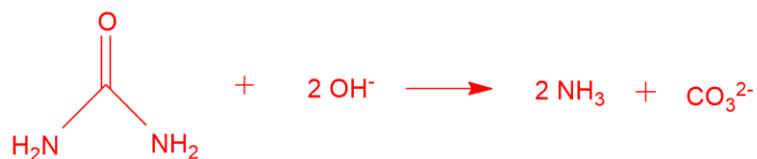
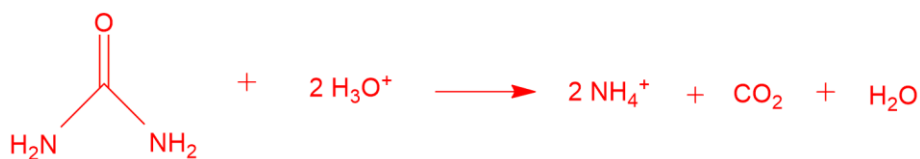
E.  $\text{SO}_3$  ima piramidalnu molekulu.

b) Koje su od gore navedenih molekula polarne?

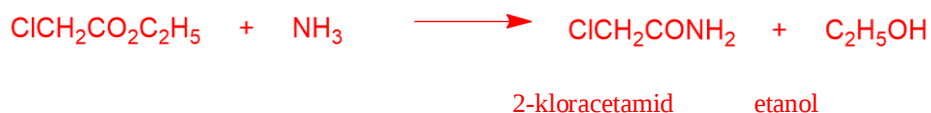
$\text{SF}_4$  i  $\text{ClF}_3$

za točan odgovor B: 0,5 boda  
za točno navedene polarne molekule (nema parcijalnog bodovanja): 1,0 bod  
Ukupno: 1,5 boda

12. a) Jednadžbom kemijske reakcije prikaži produkte koji će nastati zagrijavanjem vodene otopine uree u prisutnosti kiseline, odnosno baze.



b) Produkt iz reakcije s lužinom reagira s etil-kloracetatom. Prikaži jednadžbom kemijske reakcije što će nastati, te imenuj dobivene spojeve.



a) za ispravno napisane jednadžbe kemijskih reakcija 2 x 1 bod

b) za ispravno napisanu JKR: 1 bod

za točne nazive produkata: 2 x 0,5 boda

**Ukupno: 4,0 boda**